

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA
EKONOMICKÁ FAKULTA

KATEDRA FINANCÍ

Zajištění měnového rizika strojírenského podniku
Currency Risk Hedging of the Machinery Company

Student:	Bc. Monika Hoangová
Vedoucí diplomové práce:	prof. Dr. Ing. Zdeněk Zmeškal

Ostrava 2016

Zadání diplomové práce

Student:

Bc. Monika Hoangová

Studijní program:

N6202 Hospodářská politika a správa

Studijní obor:

6202T010 Finance

Téma:

Zajištění měnového rizika strojírenského podniku
Currency Risk Hedging of the Machinery Company

Jazyk vypracování:

čeština

Zásady pro vypracování:

1. Úvod
2. Metody zajištění měnového rizika
3. Charakteristika finanční situace strojírenského podniku
4. Posouzení vybraných hedgingových strategií
5. Závěr

Seznam použité literatury

Seznam zkratk

Prohlášení o využití výsledků diplomové práce

Seznam příloh

Přílohy

Seznam doporučené odborné literatury:

ALEXANDER, Carol. *Market risk analysis – Volume III: Pricing, hedging and trading of financial instruments*. 1st ed. England: John Wiley & Sons, 2008. 416 s. ISBN 978-0-470-99789-5.

DLUHOŠOVÁ, Dana a kol. *Finanční řízení a rozhodování podniku: analýza, investování, oceňování, riziko, flexibilita*. 3. uprav. vyd. Praha: Ekopress, 2010. 225 s. ISBN 978-80-86929-68-2.

HULL, C. John. *Options, futures and other derivatives*. 6th ed. Pearson: Prentice Hall, 2006. 789 s. ISBN 0-13-149908-4.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **prof. Dr. Ing. Zdeněk Zmeškal**

Datum zadání: 20.11.2015

Datum odevzdání: 22.04.2016

Ing. Iveta Ratmanová, Ph.D.
vedoucí katedry



prof. Dr. Ing. Dana Dluhošová
děkanka fakulty

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci, včetně příloh, vypracovala samostatně.

V Ostravě dne 15. července 2016

.....*Hoangová*.....
Bc. Monika Hoangová

Obsah

1	Úvod.....	5
2	Metody zajištění měnového rizika	6
2.1	Druhy finančních rizik.....	6
2.1.1	Měnové riziko	7
2.2	Metody zajištění měnového rizika.....	8
2.3	Finanční deriváty	10
2.3.1	Forwardové kontrakty	11
2.3.2	Futures kontrakty.....	13
2.3.3	Swapové kontrakty	13
2.3.4	Opční kontrakty.....	15
2.3.5	Opční strategie.....	20
2.4	Predikce volatility měnového kurzu	21
2.5	Predikce měnového kurzu pomocí simulační metody Monte Carlo.....	23
3	Charakteristika finanční situace strojírenského podniku	26
3.1	Představení podniku Vítkovice Heavy Machinery a.s.....	26
3.2	Finanční situace podniku	26
3.3	Zajištění měnového rizika v podniku	29
4	Posouzení vybraných hedgingových strategií	31
4.1	Predikce volatility měnového kurzu CZK/EUR	32

4.2	Simulace vývoje měnového kurzu CZK/EUR.....	34
4.2.1	Simulace s intervencí	34
4.2.2	Simulace s plovoucím kurzem od června roku 2016	39
4.3	Aplikace vybraných hedgingových strategií	42
4.3.1	Simulace s intervencí - pasivní strategie	43
4.3.2	Simulace s intervencí - swapový kontrakt.....	44
4.3.3	Simulace s intervencí - long put opce	45
4.3.4	Simulace s plovoucím kurzem od června roku 2016 - pasivní strategie.....	47
4.3.5	Simulace s plovoucím kurzem od června roku 2016 - swapový kontrakt	48
4.3.6	Simulace s plovoucím kurzem od června roku 2016 - long put opce	49
4.4	Vyhodnocení vybraných hedgingových strategií dle určitých kritérií	51
4.4.1	Vyhodnocení strategií - simulace s intervencí	51
4.4.2	Vyhodnocení strategií - simulace s plovoucím kurzem od června roku 2016 ...	55
5	Závěr	59
	Seznam použité literatury	61
	Seznam zkratk	63
	Prohlášení o využití výsledků diplomové práce	
	Seznam příloh	

1 Úvod

V mezinárodním podnikání se podnikatelské subjekty setkávají s různými riziky. Jedním z hlavních rizik, které může ovlivnit hospodářské výsledky podniků, je měnové riziko. Podnikatelský subjekt, který uzavře obchod v cizí měně a vypořádání obchodu se uskuteční v budoucnu, může být vystaven měnovému riziku v důsledku posílení nebo oslabení domácí měny. Podnik, který očekává příjmy v cizí měně, je ohrožen posílením domácí měny, nýbrž může přijít o část příjmů vlivem změny měnového kurzu. Naopak podnik, který provádí platby v cizí měně, může utrpět kurzovou ztrátu z důvodu oslabení domácí měny. Dokonalá ochrana před měnovým rizikem není možná. Avšak existuje několik metod, které pomáhají snížit dopady změn měnového kurzu na podnik. Jedním z takových nástrojů je hedging (zajištění), který využívá finanční deriváty.

Cílem diplomové práce je zajistit měnové riziko v podniku Vítkovice Heavy Machinery a.s. pomocí vybraných strategií na období jednoho roku.

Práce je rozdělena do tří hlavních kapitol. První kapitola je zaměřena obecně na problematiku hedgingu. Nejdříve jsou charakterizovány druhy finančních rizik se zaměřením na měnové riziko a metody zajištění měnového rizika. Následně jsou popsány finanční deriváty, způsoby predikce volatility a vývoje měnového kurzu.

Druhá část je věnována představení podniku Vítkovice Heavy Machinery, a.s. Charakteristika podniku se týká obchodní činnosti, plánu finančních toků a zajištění měnového rizika.

Třetí část je praktická část a obsahuje výpočet predikce volatility pomocí metody EWMA, simulaci náhodného vývoje měnového kurzu CZK/EUR s využitím metody Monte Carlo a výpočet ročních efektů (zisk nebo ztráta) vybraných zajišťovacích strategií. K zajištění měnového rizika podniku je aplikována swapová strategie, strategie s využitím long put opce a pasivní strategie. Měnový kurz je simulován ve dvou různých scénářích. První scénář bere v úvahu devizovou intervenci ČNB po celý rok 2016. Druhý scénář předpokládá ukončení devizových intervencí na konci měsíce května a přechod na plovoucí kurz v červnu roku 2016. Jádrem této části je srovnání vybraných zajišťovacích strategií na základě určitých kritérií a kombinací těchto kritérií. Následně je navržena nejvhodnější strategie k zajištění měnového rizika v podniku Vítkovice Heavy Machinery, a.s. pro oba scénáře.

2 Metody zajištění měnového rizika

Riziko obecně znamená nebezpečí, že se skutečné výsledky budou lišit od očekávaných. Podnikatelské subjekty čelí různým rizikům, která mohou negativně ovlivnit jejich výsledky hospodaření a způsobit ztrátu.

Každá oblast podnikání je spojena s riziky, které jsou typické pro dané obchodní činnosti. Například v zemědělské nebo stavebnické podniky jsou vystaveny riziku přírodnímu, které může negativně ovlivnit jejich výsledky hospodaření. V mezinárodním obchodě se subjekty setkávají například s měnovým, politickým, tržním či úvěrovým rizikem. Rizika je tedy možné dělit na finanční, ekonomická, politická, legislativní, technologická, sociální, přírodní rizika a další.

Riziko nelze z hospodářské činnosti vyloučit, ale je možné jej přenést na jiné subjekty, rozdělit mezi více subjektů nebo snížit pomocí různých finančních nástrojů.

2.1 Druhy finančních rizik

Finanční rizika jsou rizika, která souvisí s hospodářskou činností podnikatelského subjektu. Dle Jílka (2000, s. 15) je finanční riziko definováno jako *„potencionální ztráta subjektu, tj. nikoli již existující realizovaná či nerealizovaná finanční ztráta, ale ztráta v budoucnosti vyplývající z daného finančního či komoditního nástroje nebo finančního či komoditního portfolia. Již existující ztráta se také označuje očekávaná jako očekávaná ztráta a potenciální ztráta jako neočekávaná ztráta“*.

Rozlišují se pět hlavních finančních rizik, a to úvěrové, likvidní, operační, obchodní a tržní riziko.

Jak tvrdí Jílek (2002) **likvidní riziko** se dělí na dvě kategorie, a to na riziko financování a riziko tržní likvidity. Riziko financování je riziko ztráty v případě platební neschopnosti. Jedná se o riziko neschopnosti obstarat hotovost na portfolio aktiv a pasiv o určitých splatnostech a úrokových mírách. Riziko tržní likvidity vzniká, když nedochází dostatečně rychle k likvidaci finančních nástrojů na hotovostní peněžní prostředky v dostatečném objemu za rozumnou cenu.

Úvěrové riziko je riziko ze selhání dlužníka splatit své závazky dle podmínek smlouvy. Úvěrové riziko se člení na přímé úvěrové riziko, riziko úvěrových ekvivalentů, vypořádací riziko a riziko úvěrové angažovanosti. (Jílek, 2002).

Operační riziko se člení na transakční riziko, riziko operačního řízení a riziko systémů. Operační riziko vzniká například v důsledku chyb v provedení operací, chyb v zaúčtování a vypořádání obchodů, chyb v počítačových programech, selhání lidského faktoru apod. Řízení tohoto rizika a zavedení vnitřního auditu je v kompetenci vedení společnosti. (Jílek, 2002).

Obchodní riziko zahrnuje právní, daňové riziko, riziko měnové konvertibility, regulační riziko, riziko změny úvěrového hodnocení, reputační riziko a riziko pohromy. (Jílek, 2002).

Tržní riziko představuje riziko ztráty ze změn tržních cen. Jedná se například o změny akciových kurzů, úrokových sazeb, měnových kurzů a dalších. Mezi tržní rizika konkrétně patří měnové, úrokové, akciové, komoditní, korelační riziko a riziko úvěrového rozpětí. (Jílek, 2002).

2.1.1 Měnové riziko

Měnové riziko vyplývá z kolísání měnového kurzu. Toto riziko je možné charakterizovat jako možnost, že v důsledku pohybů měnového kurzu bude podnikatelský subjekt přijímat a realizovat platby s jinými hodnotami než očekávanými, a že se v důsledku pohybů měnového kurzu změní stav jeho devizových aktiv a pasiv. Pohyby měnového kurzu ovlivňují dosažené výsledky negativně i pozitivně. Pokud změny měnového kurzu působí negativně na hospodářské výsledky podniku, vzniká kurzová ztráta. V případě pozitivního dopadu změn měnového kurzu, je možné realizovat zisk. (Černohlávková a kol., 2000).

Pokud se ekonomický subjekt nachází v tzv. otevřené devizové pozici, podstupuje měnové riziko. Devizová pozice je vztah mezi aktivy a pasivy vyjádřených v zahraniční měně. V případě otevřené devizové pozici, se aktiva a pasiva subjektu v dané cizí měně nerovnají. Rozlišuje se krátká a dlouhá otevřená pozice. Pokud převažují pasiva nad aktivy v dané měně, hovoří se o krátké devizové pozici. Naopak dlouhá otevřená pozice znamená, že hodnota aktiv je větší než hodnota pasiv v dané měně. Pokud se aktiva a pasiva v dané měně rovnají, jedná se o uzavřenou devizovou pozici a podnik není vystaven měnovému riziku. (Frait, 1996).

Měnový kurz je ovlivněn řadou faktorů, tudíž je jeho predikce velmi složitá. Na měnový kurz má vliv úrokové sazby, míra inflace, poptávka a nabídka po dané měně, saldo obchodní bilance, ale i politická situace dané země. K ochraně proti měnovému riziku se

využívá různé formy zajištění. Při zajišťování proti kurzovému riziku dochází k uzavření otevřené devizové pozice.

Ekonomický subjekt vystavující se kurzovému riziku, nemusí využít zajištění, ale může i spekulovat. Při spekulaci dochází k otevření devizové pozice a podnik se snaží profitovat na změnách měnového kurzu. Pokud spekulant správně odhadne budoucí kurz, bude profitovat.

2.2 Metody zajištění měnového rizika

Metody zajištění měnového rizika je možné rozdělit na interní a externí metody. Mezi externí metody se řadí zajištění (tzv. hedging) finančními deriváty. Mezi interní metody patří přirozený hedging, časování plateb, měnová diverzifikace, změny struktury aktiv a pasiv, netting a úpravy kupních smluv. (Černohlávková a kol., 2007).

Přirozený hedging znamená, že obchodní činnosti podnikatelského subjektu přirozeně vytvářejí uzavřené devizové pozice. Příkladem může být subjekt, který má tržby v určité cizí měně, ale náklady musí mít ve stejné cizí měně. Při přirozeném hedgingu by se aktiva v cizí měně musely rovnat pasivům v dané cizí měně s přibližně stejnou splatností. (Černohlávková a kol., 2007).

Metoda časování plateb souvisí s pojmy leading a lagging. **Leading** je založen na urychlování plateb a inkas v cizí měně v závislosti na očekávaném měnovém kurzu v budoucnu. Příkladem je firma, která má zaplatit zahraničním dodavatelům 50 000 euro se splatností 2 měsíce. Management firmy očekává, že dojde v důsledku nestabilní politické situace k znehodnocení koruny, tudíž uhradí závazek dnes. Firma tedy urychlí platbu, aby snížila měnové riziko. **Lagging** naopak spočívá v oddalování plateb a inkas podle toho, jaký měnový kurz firma očekává v budoucnu. (Černohlávková a kol., 2007)

Měnová diverzifikace aktiv a pasiv. Podnikatelské subjekty mohou mít i více otevřených pozic v různých měnách, které vytváří portfolio měn. Jednotlivé měny v portfoliu se vyvíjí navzájem v určitém vztahu (korelaci). Korelace jednotlivých měn může ukazovat definované vazby v rámci vyhlášených kurzových režim (např. máme portfolio měn, které vůči sobě uplatňují systém fixního kurzu) a fundamentální ekonomické souvislosti (např. kurz většiny evropských měn vůči americkému dolaru je vysoce závislý na vývoji kurzu amerického dolaru oproti euru. Korelace se vyjadřuje pomocí korelačního koeficientu. V případě, že podnikatelský subjekt má na straně aktiv (pasiv) více cizích měn, je kurzové

riziko tím nižší, čím méně jsou kurzy těchto měn navzájem korelovány. Pokud má podnik aktiva v jedné cizí měně a pasiva v druhé cizí měně, je kurzové riziko tím nižší, čím vyšší je korelace obou měn. (Černohlávková a kol., 2007).

Změnou struktury pasiv a aktiv může firma dosáhnout přirozenému hedgingu. Například firma může preferovat dodavatele ze zemí, v nichž daná firma realizuje velkou část svých tržeb. Firma naopak může zaměřit svoji produkci na země, kde bude inkasovat příjmy v měnách, ve kterých hradí i své závazky. (Černohlávková a kol., 2007).

Netting spočívá ve vzájemném zúčtování pohledávek a závazků. Existuje dvoustranný systém zúčtování, a to obvykle mezi mateřskou a dceřinou společností. Dále je možné provádět mnohostranné zúčtování, které probíhá mezi větším počtem majetkově propojených podnikatelských subjektů. (Černohlávková a kol., 2007).

Úpravou kupních smluv lze také snížit měnové riziko. Exportér si může dohodnout v kupní smlouvě kurzovou doložku, která vyjadřuje, jakým způsobem bude určena cena v závislosti na vývoji měnového kurzu. Doložka může stanovit například, že při zhodnocení předem určeného referenčního kurzu české koruny ke dni splatnosti faktury o více než 3 %, dojde k navýšení kupní cena o 3 %. (Černohlávková a kol., 2007).

Externí hedging využívá k zajištění finanční deriváty. Hedging spočívá v tom, že je vytvořeno hedgingové portfolio z rizikového aktiva (zajišťovaného) a derivátu tak, aby riziko změny hedgingového portfolia bylo co nejmenší. Hodnota hedgingového portfolia je vyjádřena vztahem

$$\pi_t = S_T - h \cdot f_{t,TT}, \quad (2.1)$$

přičemž π je hodnota hedgingového portfolia, S_T je hodnota aktiva (měna, akcie, atd.), h je zajišťovací poměr a $f_{t,TT}$ je hodnota zajišťovacího instrumentu v čase t a expiračním momentem TT . Změna hedgingového portfolia je dána vztahem

$$\Delta\pi = \Delta S_T - h \cdot \Delta f_{t,TT} . \quad (2.2)$$

Jak tvrdí Zmeškal (2013) existuje několik metod hedgingu, které se dělí:

- podle počtu revizí na statické (na jedno období) a dynamické (na více období),
- podle frekvence revizí na diskrétní a spojitě,
- podle typu rizika, které je zajišťováno, na systematické a nesystematické riziko

- podle hedgingových kritérií na faktorově neutrální (patří sem delta hedging, delta-gama hedging, imunizace na bázi durace apod.), minimální rozptyl, minimalizace střední hodnoty ztráty, minimální hodnota Value at Risk (dále jen VaR), maximalizace střední hodnoty funkce užítu a minimalizace veličiny RAROC (VaR/kapitál)
- podle typu zajišťovaného finančního aktiva na hedging na akcie, obligace, měnu, futures (forwardy), opce a komodity.

2.3 Finanční deriváty

Jak už bylo uvedeno v kapitole 2.2, jedním z nástrojů k zajištění měnového rizika jsou finanční deriváty. Finanční deriváty jsou odvozené finanční instrumenty, neboť jejich cena je odvozena od podkladového aktiva. Podkladové aktivum je náhodná veličina a může být finančním aktivem nebo nefinančním aktivem. Mezi finanční aktiva patří například cena akcie, cena obligace, cena komodit, burzovní index, měnový kurz a úroková sazba. Příkladem nefinančních aktiv jsou weather deriváty a energetické deriváty. (Dluhošová, 2010).

Účastníci kontraktu jsou dva subjekty, a to kupující a prodávající. Subjekty se mohou vyskytovat v dlouhé (long) nebo krátké (short) pozici. Dlouhá pozice znamená, že subjekt nakupuje finanční derivát. Subjekt v dlouhé pozici sází na růst ceny podkladového aktiva. Pokud subjekt prodává finanční derivát, vstupuje do krátké pozice. V této pozici subjekt spekuluje na pokles ceny podkladového aktiva.

Finanční deriváty se dělí na termínové kontrakty a opční kontrakty. Termínové kontrakty se vyznačují tím, že oba subjekty smlouvy jsou v tzv. těsné pozici. Těsná pozice znamená, že subjekty nemají možnost volby a musí splnit podmínky stanovené ve smlouvě. Opakem je tzv. volná pozice, ve které existuje možnost volby. V případě opčních kontraktů je kupující ve volné pozici a má tedy možnost volby, zda opci využít nebo nevyužít. Naopak prodávající je v těsné pozici a má povinnost splnit rozhodnutí kupujícího. Mezi termínové kontrakty patří forwardy, futures a swapy. Do opčních kontraktů se řadí opce. (Dluhošová, 2010).

Finanční deriváty jsou charakterizovány určitými parametry, jako je realizační cena, cena derivátu, moment realizace, výplatní funkce a zisk. **Realizační cena** je cena, na které se dohodne kupující a prodávající, že za ni v budoucnu koupí nebo prodají podkladové aktivum. **Moment realizace** (doba splatnosti) je doba, na kterou je kontrakt uzavřen. **Výplatní funkce** (vnitřní hodnota) vyjadřuje velikost výplaty v době realizace neboli efekt plynoucí stranám

kontraktu v době realizace. **Cena derivátu** je částka, kterou musí zaplatit kupující při uzavření kontraktu. Cena forwardového a futures kontraktu je v době uzavření kontraktu rovna nule. U opcí cena derivátu představuje opční prémii, kterou platí kupující prodávajícímu za získání opčních práv. **Zisk z derivátu** je vypočten jako rozdíl mezi vnitřní hodnotou a cenou derivátu. (Dluhošová, 2010)

2.3.1 Forwardové kontrakty

Forwardový kontrakt představuje smlouvu mezi dvěma stranami o prodeji nebo koupi podkladového aktiva k určitému budoucímu dni za dohodnutou (realizační) cenu. (Hull, 2005). Jedná se tedy o termínovou transakci, která je uzavřena dnes za stanovenou cenu, ale její vypořádání nastává v určitém budoucím okamžiku.

Kupující i prodávající se nachází v těsné pozici, tudíž obě strany musí splnit sjednané podmínky kontraktu. Proávající se vyskytuje v krátké (short) pozici, kdy se zavazuje prodat podkladové aktivum v budoucnu za realizační cenu. Kupující se nachází v dlouhé (long) pozici a má povinnost podkladové aktivum koupit.

Forwardy jsou nestandardizované a obchodují se na mimoburzovních tzv. OTC (over-the-counter) trzích. Výhodou je, že se jedná o specifickou dohodu, která se dá přizpůsobit tak, aby vyhovovala požadavkům obou stran. Účastníci kontraktu se mohou domluvit například na době splatnosti, velikost transakce nebo likvidace kontraktu před splatností. Nevýhodou je úvěrové riziko, které souvisí s neexistencí instituce zaručující smluvním stranám splnění závazku z kontraktu. (Jílek, 2002).

Dle Zmeškal (2013) vnitřní hodnota (výplatní funkce) z pohledu kupujícího, který se nachází v dlouhé pozici, se rovná

$$VH = S_T - X, \quad (2.3)$$

kde S_T je cena podkladového aktiva v momentu realizace a X je realizační cena. Vnitřní hodnota z pohledu prodávajícího, který je v krátké pozici, je definována

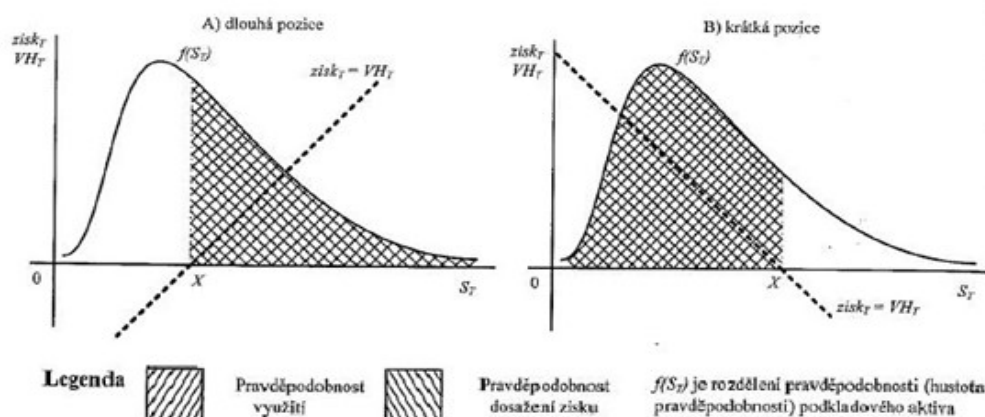
$$VH = X - S_T. \quad (2.4)$$

Zisk je rozdíl mezi vnitřní hodnotou a cenou derivátu v době uzavření kontraktu. Cena derivátu v době uzavření forwardového kontraktu je rovna nule, tudíž je zisk roven

$$Zisk = VH. \quad (2.5)$$

V obrázku 2.1 je zobrazena funkce popisující závislost mezi vnitřní hodnotou a ziskem na ceně podkladového aktiva v době realizace z pohledu kupujícího a prodávajícího.

Obr. 2.1 Funkce vnitřní hodnoty a zisková funkce z pohledu kupujícího a prodávajícího



Zdroj: Dluhošová, 2010

Podle typu podkladového aktiva se rozlišují úrokové, komoditní, akciové, měnové a úvěrové forwardy.

Jak tvrdí Jílek (2002, s. 179) **měnový forward** je „forward na výměnu pevné částky hotovosti v jedné měně za pevnou částku hotovosti v jiné měně k určitému datu v budoucnu.“

Podstatou je, že dochází k prodeji (koupi) určité měny v budoucnu za předem dohodnutý měnový kurz.

Je důležité rozlišovat spotový a forwardový měnový kurz. Spotový měnový kurz je měnový kurz v době uzavření kontraktu. Dohodnutý měnový kurz se značí jako forwardový měnový kurz. Forwardový měnový kurz uvažuje s úrokovým diferencíálem (rozdíl mezi úrokovou mírou v tuzemsku a zahraničí) mezi měnami a určí se dle vztahu pro úrokovou paritu. Měna, která má vyšší úrokovou míru, se forwardově obchoduje s diskontem vzhledem ke spotovému měnovému kurzu. Předpokládá se, že taková měna bude oslabovat vzhledem k očekávané vyšší inflaci. Měna s nižší úrokovou mírou se forwardově obchoduje s premií vzhledem k spotovému měnovému kurzu. Očekává se, že taková měna bude posilovat vzhledem k očekávané nižší inflaci. Za předpokladu platnosti úrokové parity výpůjčka v měně s nižší úrokovou mírou a půjčka v měně s vyšší úrokovou mírou není zisková ani ztrátová. (Jílek, 2002).

Forwardový kurz se vypočítá dle vzorce

$$F_{0,T} = S_t \cdot e^{(R_d - R_f)(T-t)}, \quad (2.6)$$

kde $F_{0,T}$ je forwardový kurz v době uzavření kontraktu na dobu realizace T , S_t je spotový měnový kurz, R_d je bezriziková sazba domácí měny a R_f je bezriziková sazba zahraniční měny. (Zmeškal, 2013).

2.3.2 Futures kontrakty

Futures kontrakt představuje dohodu mezi dvěma stranami o koupi nebo prodeji standardizovaného množství podkladového aktiva k určitému datu za dohodnutou cenu na burzovním parketu nebo stanovenou elektronicky. (Jílek, 2002).

Futures kontrakty se vyznačují společnými znaky jako forwardové kontrakty. Avšak hlavním rozdílem je, že futures kontrakty jsou standardizované a obchodované na derivátové burze. U futures je standardizována velikost a kvalita kontraktu. Dále je stanoveno i místo a termín dodání a denní cenové limity. Další důležitou odlišností je, že vypořádání futures dochází denně a ne jednorázově jako u forwardů. (Jílek, 2002).

Každá burza má clearingové centrum, které zajišťuje vypořádání kontraktů. Clearingové centrum zaručuje, že všichni účastníci burzy dostojí svým závazkům. Každý obchodník má závazky jen vůči clearingovému centru a musí složit zálohu (margin). Existují tři druhy záloh. Počáteční záloha je přibližně 5 % kontraktu. Další záloha je tzv. udržovací záloha, která představuje množství peněz, pod které nesmí klesnout počáteční záloha. Doplnovací záloha je množství peněžních prostředků, které je nutné doplnit na úroveň počáteční zálohy, pokud klesne počáteční depozitum pod udržovací zálohu. Hodnota dodatečných finančních prostředků se pak nazývá doplnovací záloha.

Stejně jako u forwardových kontraktů se rozlišují měnové, úrokové, akciové, komoditní a úvěrové futures kontrakty.

2.3.3 Swapové kontrakty

Swapy jsou kontrakty o výměně určitých podkladových aktiv (akcie, měna, úroková sazba) ve více okamžicích v budoucnu. Swapové kontrakty tedy představují řadu forwardových kontraktů s různou dobou realizace, ale se stejnou realizační cenou.

Měnový swap vyjadřuje výměnu jistiny v rozdílných měnách na začátku obchodu ve spotovém měnovém kurzu. Následně dochází k výměně úrokových plateb (pevných nebo dosud neznámých odvozených od určité referenční úrokové sazby, např. PRIBOR) v rozdílných měnách a nakonec o zpětnou výměnu listin. Měnový swap se rozlišuje jako klasický, křížový a bazický swap. Klasický měnový swap je výměna pevné částky v jedné měně za pevnou částku hotovosti odvozené od referenční sazby (např. PRIBOR) v jiné měně. Křížový měnový swap představuje výměnu pevných částek hotovosti v jedné měně za dosud neznámou částku hotovosti v jiné měně. Bazický měnový swap představuje výměnu neznámých částek hotovosti v jedné měně za dosud neznámou částku hotovosti v jiné měně. (Jílek, 2002).

Jak už bylo zmíněno, swapový kontrakt je tvořen řadou forwardových kontraktů, tudíž hodnotu swapového kontraktu je možné vyjádřit následovně

$$sw_{t,T} = \sum_{t_i}^T f_{t,t_i}, \quad (2.7)$$

kde f_{t,t_i} je hodnota forwardového kontraktu. (Zmeškal, 2013).

Hodnota forwardového kontraktu na měnový kurz pro **krátkou pozici** je vyjádřena

$$f_{t,T} = X \cdot e^{-R_d \cdot (T-t)} - S_t \cdot e^{-R_f \cdot (T-t)}, \quad (2.8)$$

kde X je realizační cena, S_t je spotový měnový kurz, R_d je bezriziková sazba domácí měny a R_f je bezriziková sazba zahraniční měny. (Zmeškal, 2013).

Dosazením (2.8) do (2.7) je získána hodnota swapového kontraktu

$$sw_{t,T} = \sum_{t_i}^T \left(X \cdot e^{-R_d \cdot (T-t)} - S_t \cdot e^{-R_f \cdot (T-t)} \right) \quad (2.9)$$

Realizační cena swapového kontraktu je určena tak, že hodnota swapového kontraktu v čase t_0 se rovná 0, tedy $sw_{0,T} = 0$. Na základě daného předpokladu je rovnice (2.9) upravena následovně

$$\sum_{t_i}^T X \cdot e^{-R_d \cdot (T-t)} = \sum_{t_i}^T S_t \cdot e^{-R_f \cdot (T-t)} \quad (2.10)$$

Z (2.10) je pak vyjádřena realizační cena X následovně

$$X = S_0 \cdot \frac{\sum_{t_i}^T e^{-R_f \cdot (t_i - t)}}{\sum_{t_i}^T e^{-R_d \cdot (T - t)}}, \quad (2.11)$$

kde S_0 je výchozí měnový kurz, posledně známá hodnota měnového kurzu.

2.3.4 Opční kontrakty

Opční kontrakt je smlouva mezi kupujícím (majitel) a prodávajícím (vypisovatel), přičemž kupující má právo podkladové aktivum koupit (prodat) za dohodnutou realizační cenu v momentě realizace a prodávající má povinnost sjednaný obchod splnit.

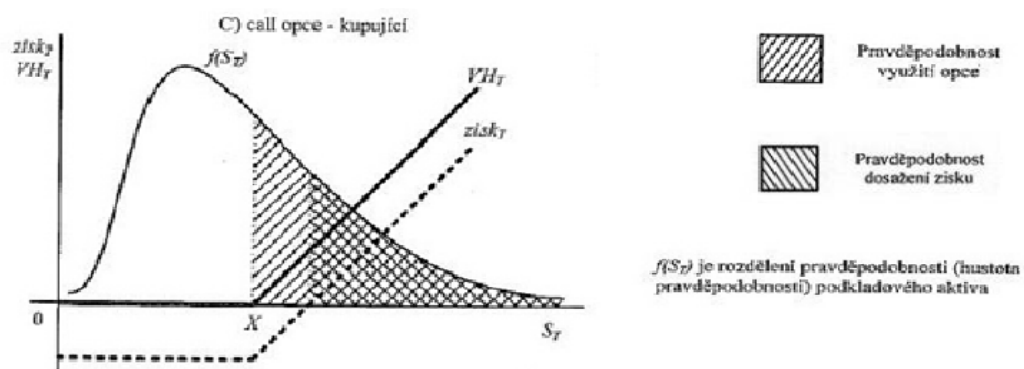
Kupující se nachází v tzv. volné pozici, protože má možnost volby. Proávající musí přijmout rozhodnutí kupujícího, a proto se nachází v tzv. těsné pozici. Zda využít či nevyužít opci, se kupující rozhoduje podle situace na spotovém trhu v době splatnosti opce. Kupující musí při uzavření kontraktu zaplatit prodávajícímu opční prémii za získání opčního práva. (Dluhošová, 2010).

Rozlišují se opce evropského a amerického typu. Rozdíl spočívá v momentě realizace opce. Evropskou opci lze využít pouze v době realizace opce a americkou opci je možné využít kdykoliv od uzavření do doby splatnosti opce. Další možnost členění opcí je na Plain Vanilla a exotické opce. Plain Vanilla jsou jednoduché opce, a to call (kupní) a put (prodejní) opce. Jednoduché opce se liší podle toho, jaké právo má kupující. V případě call opce má kupující právo koupit podkladové aktivum za realizační cenu v době splatnosti opce. Jedná-li se o put opci, má kupující právo prodat podkladové aktivum za realizační cenu v momentě realizace. Pozice kupujícího se označuje jako long (dlouhá) pozice a pozice prodávajícího jako short (krátká) pozice. (Dluhošová, 2010).

Call opce z pohledu kupujícího dává kupujícímu právo na koupi podkladového aktiva za realizační cenu v době realizace. Kupující musí zaplatit prodávajícímu opční prémii (c).

Obrázek 2.2 zobrazuje funkci vnitřní hodnoty a ziskovou funkci pro call opci z pohledu kupujícího.

Obr. 2.2 Funkce vnitřní hodnoty a zisková funkce call opce z pohledu kupujícího



Zdroj: Dluhošová, 2010

Z obrázku je zřejmé, že pokud $S_T < X$, pak $VH = 0$, přičemž S_T je cena podkladového aktiva v době realizace, X je realizační cena a VH označuje vnitřní hodnotu. V případě, že $S_T \geq X$, pak $VH = S_T - X$.

Podle Zmeškal (2013) pak vnitřní hodnota u call opce z pohledu kupujícího v době realizace je rovna

$$VH = \max(S_T - X; 0) \quad (2.12)$$

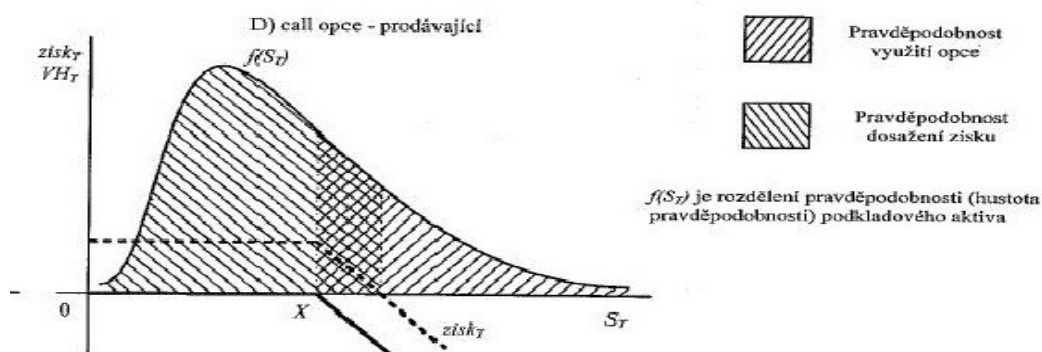
Zisk z call opce pro kupujícího je vypočten dle následujícího vzorce

$$Zisk = \max(S_T - X - c; -c) \quad (2.13)$$

V případě **call opce z pohledu prodávajícího** má prodávající povinnost na základě rozhodnutí majitele opce prodat podkladové aktivum v době realizace.

Obrázek 2.3 znázorňuje funkci vnitřní hodnoty a ziskovou funkci pro call opci z pohledu prodávajícího.

Obr. 2.3 Funkce vnitřní hodnoty a ziskové funkce call opce z pohledu prodávajícího



Zdroj: Dluhošová, 2010

Z obrázku rovněž vyplývá, že pokud $S_T < X$, pak $VH = 0$. V situaci, při které $S_T \geq X$, je $VH = X - S_T$.

Jak tvrdí Zmeškal (2013) vnitřní hodnota u call opce z pohledu prodávajícího v době realizace je

$$VH = \min(X - S_T; 0) \quad (2.14)$$

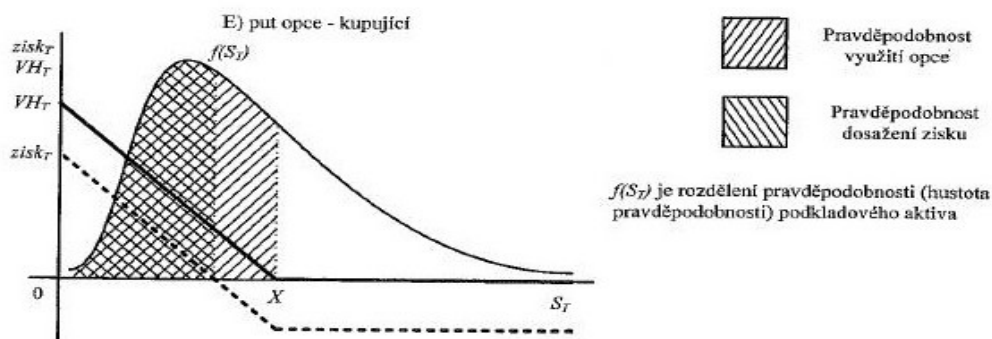
Zisk z call opce pro prodávávajícího se rovná

$$Zisk = \min(X - S_T + c; +c) \quad (2.15)$$

Put opce z pohledu kupujícího dává právo kupujícímu prodat podkladové aktivum za realizační cenu v době realizace. Za zakoupení opce musí kupující zaplatit prodávajícímu opční prémii (p).

Obrázek 2.4 obsahuje grafické znázornění výplatní funkce a zisku put opce z pohledu kupujícího.

Obr. 2.4 Výplatní funkce a zisku put opce z pohledu kupujícího



Zdroj: Dluhošová, 2010

Pokud je u put opce z pohledu kupujícího $S_T < X$, pak $VH = X - S_T$. V případě, že $S_T \geq X$, tak $VH = 0$.

Podle Zmeškal (2013) vnitřní hodnota u put opce z pohledu kupujícího v době realizace je možné vyjádřit následovně

$$VH = \max(X - S_T; 0) \quad (2.16)$$

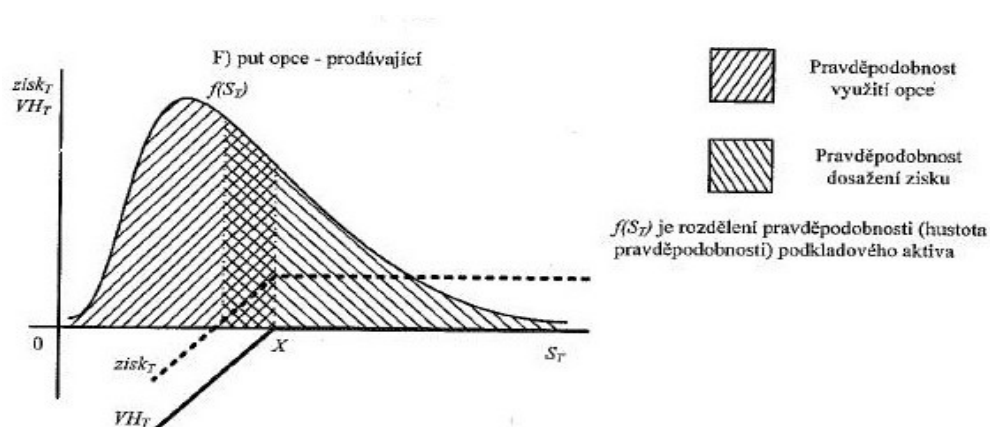
Zisk z put opce pro kupujícího je pak roven

$$Zisk = \max(X - S_T - p; -p) \quad (2.17)$$

V případě **put opce z pohledu prodávajícího** má prodávající povinnost na základě rozhodnutí majitele opce odkoupit podkladové aktivum za realizační cenu v době splatnosti.

V obrázku 2.5 je zobrazena výplatní a zisková funkce pro put opci z pohledu prodávajícího.

Obr. 2.5 Funkce vnitřní hodnoty a zisková funkce put opce z pohledu prodávajícího



Zdroj: Dluhošová, 2010

Z obrázku je patrné, že v situaci, při které $S_T < X$, je $VH = X - S_T$. Pokud je $S_T \geq X$, pak $VH = 0$.

Jak tvrdí Zmeškal (2013) vnitřní hodnota put opce z pohledu prodávajícího je stanovena dle následující rovnice

$$VH = \min(S_T - X; 0) \quad (2.18)$$

Zisk z put opce pro vypisovatele je zapsán ve tvaru

$$Zisk = \min(S_T - X + p; +p) \quad (2.19)$$

Ocenění opcí dle Blackova modelu

Opce je možné ocenit numericky např. binomickým modelem, analyticky Black-Scholesovým modelem nebo pomocí simulační metody Monte Carlo.

Ke stanovení ceny opce je využit analytický Blackův model. Mezi **předpoklady** Blackova modelu patří spojitý čas, ideální kapitálový trh, konstantní bezriziková sazba, konstantní volatilita, využití pouze u evropských opcí. Blackův model předpokládá, že se ceny podkladových aktiv vyvíjí dle geometrického Brownova pohybu, ceny jsou nezávislé na očekávaných výnosech a výplata je bez dividend. (Zmeškal, 2013).

Cena evropské call opce je určena vztahem

$$c = S_0 \cdot N(d_1) - e^{-r \cdot T} \cdot X \cdot N(d_2), \quad (2.20)$$

kde

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S_0}{X}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right) \cdot T}{\sigma \cdot \sqrt{T}}$$

a

$$d_2 = d_1 - \sigma \cdot \sqrt{T}.$$

S_0 je výchozí cena podkladového aktiva, X je realizační cena, r je roční bezriziková sazba, T je doba do zralosti opce, σ je roční volatilita, $N(d_1)$ a $N(d_2)$ vyjadřují hodnotu funkce kumulativního normovaného normálního rozdělení a $e^{-r \cdot T}$ je spojitý diskontní faktor. (Zmeškal, 2013).

Cena evropské put opce je definována následovně

$$p = e^{-r \cdot T} \cdot X \cdot N(-d_2) - S_0 \cdot N(-d_1). \quad (2.21)$$

Podle Hull (2006) ceny měnových put a call opcí podle Blackova modelu jsou vyjádřeny v následujících tvarech

$$c = S_0 \cdot e^{-r_f \cdot T} \cdot N(d_1) - X \cdot e^{-r_d \cdot T} \cdot N(d_2) \quad (2.22)$$

$$p = X \cdot e^{-r_d \cdot T} \cdot N(-d_2) - S_0 \cdot e^{-r_f \cdot T} \cdot N(-d_1), \quad (2.23)$$

kde

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S_0}{X}\right) + \left(r_d - r_f + \frac{\sigma^2}{2}\right) \cdot T}{\sigma \cdot \sqrt{T}}, \quad (2.24)$$

$$d_2 = \frac{\ln\left(\frac{S_0}{X}\right) + \left(r_d - r_f - \frac{\sigma^2}{2}\right) \cdot T}{\sigma \cdot \sqrt{T}} = d_1 - \sigma \cdot \sqrt{T}.$$

Označení r_d je domácí bezriziková sazba a r_f je domácí bezriziková sazba.

2.3.5 Opční strategie

Opční strategie vznikají různými kombinacemi opčních pozic. Je možné kombinovat call a put opce s různou realizační cenou, se stejnými nebo různými termíny splatnosti a další kombinace. Mezi nejznámější opční strategie patří například straddle a strangle strategie.

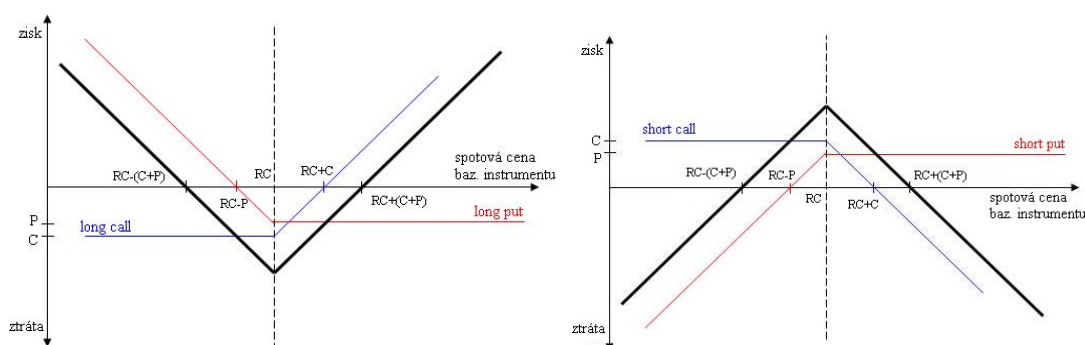
Straddle strategie kombinuje call a put opci se stejnou realizační cenou a termínem splatnosti opcí. Rozlišují se long a short straddle.

Long straddle je kombinace z long call a long put opce. Pozice je zisková v případě, že se spotová cena nachází mimo daný interval $\langle X_p - (c + p); X_c + (c + p) \rangle$. Ziskový potenciál pozice je neomezený, ale ztrátový potenciál je omezený. Investor tuto strategii tedy využívá, pokud očekává velké změny ceny pokladového aktiva. (Dvořák, 2006).

Short straddle kombinuje short call a short put opce se stejnou realizační cenou a termínem splatnosti. Strategie se využívá, pokud se očekává klidný vývoj na trhu. Pozice je zisková, když spotová cena podkladového aktiva je v intervalu $\langle X_p - (c + p); X_c + (c + p) \rangle$. (Dvořák, 2006).

V obrázku 2.6 je grafické znázornění long a short straddle strategie.

Obr. 2.6 Long a short straddle



Zdroj: OPCE-TRADING. Složitější strategie obchodování s opcemi: Straddle [online] [vid.1.06.2016]. Dostupné z <http://opce-trading.cz/slozitejsi-strategie-obchodovani-s-opcemi-straddle/>

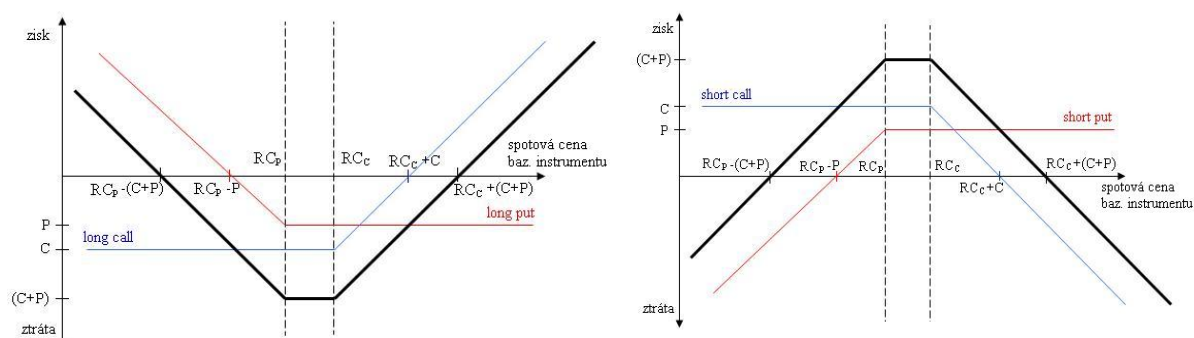
Strangle strategie je kombinace call a put opce s rozdílnou realizační cenou a stejným termínem splatnosti opcí. Opět se rozlišují long a short strangle.

Long strangle je složen z long call a long put opce se stejným termínem splatnosti, ale s rozdílnou realizační cenou. Pozice je zisková, pokud se spotová cena podkladového aktiva nenachází v intervalu $\langle X_p - (c + p), X_c + (c + p) \rangle$. Ziskový potenciál je neomezený. Tato pozice je vhodná, pokud se očekávají změny v ceně podkladového aktiva. (Dvořák, 2006).

Short strangle kombinuje short call a short put opci. Tato strategie se využívá, pokud se očekává žádná nebo malá změna ceny podkladového aktiva. Pozice je zisková v případě, že spotová cena podkladového aktiva leží v intervalu $\langle X - (c + p), X + (c + p) \rangle$. Ziskový potenciál je omezen inkasovanými opčními prémie a ztráta je neomezená. (Dvořák, 2006).

Obrázek 2.7 znázorňuje grafické zobrazení long a short strangle strategie.

Obr. 2.7 Long a short strangle



Zdroj: OPCE-TRADING. Složitější strategie obchodování s opcemi: Strangle [online] [vid.

1.06.2016]. Dostupné z <http://opce-trading.cz/slozitejsi-strategie-obchodovani-s-opcemi-strangle/>

2.4 Predikce volatility měnového kurzu

Predikce volatility je důležitá při oceňování opcí, při optimalizaci portfolia, při využití metody Value at Risk a také při predikci měnového kurzu.

Dle Hull (2006) je volatilita definovaná jako směrodatná odchylka spojitého výnosu za jeden den. Spojitý výnos v čase t je vyjádřen dle následujícího vztahu

$$R_t = \ln \frac{S_t}{S_{t-1}}, \quad (2.25)$$

kde R_t je spojitý výnos v okamžiku t a S je hodnota měnového kurzu.

K predikci volatility je možné použít historický přístup, podle kterého je očekávaný výnos měnového kurzu definován jako průměrná hodnota skutečných výnosů za určité období a riziko je vyjádřeno směrodatnou odchylkou z historického výběru skutečných výnosů

měnového kurzu. Tento přístup předpokládá konstantní rozptyl (homoskedasticita). Avšak homoskedasticita se v praxi často nevyskytuje, tudíž je potřeba využít adaptační modely. Mezi adaptační modely, které berou v úvahu podmíněný rozptyl, patří model GARCH a EWMA. (Zmeškal, 2013).

Model GARCH (Generalised Autoregressive Conditional Heteroskedastic) pro predikci na jedno období je vyjádřen jako

$$\sigma_{t+1,t}^2 = \omega + \alpha \cdot \varepsilon_t^2 + \beta \cdot \sigma_{t,t-1}^2, \quad (2.26)$$

kde ω , α , β jsou odhadované parametry, $\sigma_{t+1,t}^2$ je predikovaný rozptyl v čase t na $t+1$, ε_t^2 je skutečný rozptyl v čase t , $\sigma_{t,t-1}^2$ je predikovaný rozptyl v čase $t-1$ na čas t . Současně je nutné splnit podmínky nezápornosti, kdy $\omega, \alpha, \beta \geq 0$ a zároveň $\alpha + \beta < 1$. (Zmeškal, 2013)

Zvláštním případem modelu GARCH je model EWMA (Exponential Weighted Moving Average-exponenciální vážený klouzavý průměr) model, který pracuje s jedním parametrem. Dle Hull (2006) se v tomto modelu váhy exponenciálně zmenšují při zpětném pohybu v čase.

Dle Zmeškal (2013) model EWMA je založen na tom, že $\omega = 0$, $\alpha = 1 - \lambda$ a $\beta = \lambda$. Parametr λ je označován jako tlumící faktor a leží v intervalu $[0;1]$. Pokud je parametr λ roven hodnotě jedna, pak se jedná o homoskedasticitu. Hodnota parametru λ blíží se k nule značí, že se jedná o adaptační proces. Při adaptačním procesu je rozptyl závislý na čase. Pro lepší vypovídací schopnost modelu je potřeba využít nejméně 70 dat v historické časové řadě. Čím delší časová řada, tím je predikce modelem úspěšnější.

Rovnice EWMA modelu má následující tvar

$$\sigma_{t+1,t}^2 = (1 - \lambda) \cdot \varepsilon_t^2 + \lambda \cdot \sigma_{t,t-1}^2, \quad (2.27)$$

kde $\sigma_{t+1,t}^2$ je predikovaný rozptyl v čase t na $t+1$, $\sigma_{t,t-1}^2$ je predikovaný rozptyl v čase $t-1$ čas t a ε_t^2 je skutečný rozptyl v čase t .

Směrodatná odchylka se vypočítá z predikovaného rozptylu jako

$$\sigma_{t+1,t} = \sqrt{\sigma_{t+1,t}^2}. \quad (2.28)$$

Parametry modelu je možné odhadnout pomocí minimalizace kritéria RMSE jako

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{T} \cdot \sum_t z_t^2}, \quad (2.29)$$

kde chyba predikce z_t je rovna

$$z_t = \varepsilon_t^2 - \sigma_{t,t-1}^2. \quad (2.30)$$

Model EWMA je výhodnější oproti modelu GARCH v tom, že není potřeba udržovat řady historických údajů a predikce a odhad rozptylu není tak obtížný.

2.5 Predikce měnového kurzu pomocí simulační metody Monte Carlo

K predikci měnového kurzu je možné využít simulační metodu Monte Carlo. Pomocí této metody je generován náhodný vývoj finančního aktiva z vybraného rozdělení pravděpodobností. Ke generování náhodných čísel se v programu MS Excel využívá Generátor pseudonáhodných čísel.

Pro finanční aktiva je tedy typický náhodný vývoj v čase a tento vývoj se označuje jako stochastický proces. Tento proces může být vyjádřen diskrétně nebo spojitě. Každá náhodná veličina je charakterizovaná dvěma složkami, a to trendovou složkou a náhodnou složkou. Mezi spojitě procesy, které obsahují náhodnou složku, patří geometrický Brownův pohyb, aritmetický Brownův pohyb a Itôův proces. Základem těchto procesů je Wienerův proces.

Wienerův proces (specifický Wienerův proces) předpokládá, že predikované ceny jsou ovlivněny pouze aktuální cenou a změny cen jsou v čase nezávislé. Tento proces obsahuje pouze náhodnou složku. Lze jej vyjádřit dle následující rovnice

$$\tilde{z}_{0+dt} - z_0 = dz = \tilde{\varepsilon} \cdot \sqrt{dt}, \quad (2.31)$$

kde dt je nekonečně malá změna času a $\tilde{\varepsilon}$ je náhodná proměnná z normovaného normálního rozdělení $N(0,1)$. Střední hodnota $E(dz) = 0$, rozptyl $\text{var}(dz) = dt$ a směrodatná odchylka. (Zmeškal, 2013).

Za předpokladu vývoje určité proměnné v čase za k intervalů o shodné délce dt , je Wienerův proces definován jako

$$\tilde{z}_T - z_0 = \sum_{i=1}^k \tilde{\varepsilon}_i \cdot \sqrt{dt}. \quad (2.32)$$

Z toho vyplývá, že $\tilde{E}(z_T) = 0$, $\text{var}(z_T) = k \cdot dt = T$ a $\sigma(z_T) = \sqrt{T}$.

Itôův proces je definován pro proměnnou x jako

$$dx = a(x;t) \cdot dt + b(x;t) \cdot dz, \quad (2.33)$$

kde $a(\cdot)$ je přírůstek a $b(\cdot)$ směrodatná odchylka změny proměnné. (Zmeškal, 2013).

Pro funkce, které obsahují stochastické procesy dle (2.33) a čas $G = f(x, t)$, platí Itôova lemma, která je definovaná jako

$$dG = \left[\left(\frac{\partial G}{\partial x} \right) \cdot a(\cdot) + \frac{\partial G}{\partial t} + \frac{1}{2} \cdot \frac{\partial^2 G}{\partial x^2} \cdot b^2(\cdot) \right] \cdot dt + \frac{\partial G}{\partial x} \cdot b(\cdot) \cdot dz \quad (2.34)$$

Aritmetický Brownův pohyb (zobecněný Wienerův proces) obsahuje trendovou i náhodnou složku, přičemž náhodná složka odpovídá specifickému Wienerova procesu. Aritmetický Brownův pohyb je vyjádřen jako

$$dx = \mu \cdot dt + \sigma \cdot dz. \quad (2.35)$$

Tento proces odpovídá Itôovu procesu, u kterého jsou parametry konstantní a nezávislé na ostatních proměnných. Střední hodnota přírůstku je rovna $E(dx) = \mu \cdot dt$, střední hodnota ceny $E(x_T) = x_0 + \mu \cdot T$, rozptyl přírůstku ceny $\text{var}(dx) = \sigma^2 \cdot dt$ a rozptyl ceny $\text{var}(x_T) = \sigma^2 \cdot T$. Cena se tedy vyvíjí lineárním trendem. (Zmeškal, 2013).

Dle Zmeškal (2013) se geometrický Brownův pohyb vyznačuje tím, že se cena vyvíjí exponenciálním trendem. Obsahuje kromě trendové složky i náhodnou složku, které odpovídá specifickému Wienerova procesu. Geometrický Brownův pohyb je popsán rovnicí

$$dx = \mu \cdot x \cdot dt + \sigma \cdot x \cdot dz. \quad (2.36)$$

Tato rovnice se dá upravit do následujícího tvaru

$$\frac{dx}{x} = \mu \cdot dt + \sigma \cdot dz, \quad (2.37)$$

kde μ vyjadřuje průměrný výnos za rok a σ udává směrodatnou odchylku výnosu aktiva za rok. Střední hodnota přírůstku $E(dx) = \mu \cdot dt$ a rozptyl přírůstku $\text{var}(dx) = \sigma^2 \cdot dt$.

Pokud se cena finančního aktiva vyvíjí dle geometrického Brownova procesu a s využitím Itôovy lemmy pro funkci $G = \ln x$ lze vyjádřit rovnici

$$dG = d \ln S = \alpha \cdot dt + \sigma \cdot dz, \quad (2.38)$$

kde $\alpha = \mu - \frac{\sigma^2}{2}$ a $\mu = \ln \frac{S_T}{S}$. (Zmeškal, 2013).

Budoucí cena aktiva se poté určí dle následující rovnice

$$S_T = S_0 \cdot \exp(\alpha \cdot T + \sigma \cdot z) = S_0 \cdot \exp\left[\left(\mu - \frac{\sigma^2}{2}\right) \cdot \Delta t + \sigma \cdot \varepsilon \cdot \sqrt{\Delta t}\right] \quad (2.39)$$

Střední hodnota je vyjádřena dle následujícího vztahu

$$E(S_T) = S_0 \cdot \exp(\mu \cdot T) \quad (2.40)$$

Rozptyl finančního aktiva je roven

$$\text{var}(S_T) = S^2 \cdot \exp(2 \cdot \alpha \cdot T) \cdot [\exp(\sigma^2 \cdot T) - 1] \quad (2.41)$$

Kvantil logaritmicko-normálního rozdělení na hladině pravděpodobnosti γ se určí dle vztahu

$$S_T^\lambda = S_0 \cdot \exp(\alpha \cdot T + \Phi^{-1}(\gamma) \cdot \sigma \cdot \sqrt{T}), \quad (2.42)$$

kde $\Phi^{-1}(\gamma)$ je kvantil pro vybraných γ %.

3 Charakteristika finanční situace strojírenského podniku

V této kapitole je představen podnik Vítkovice Machinery a.s. (dále jen Vítkovice Heavy Machinery). Dále je popsána finanční situace podniku se zaměřením na vývoj tržeb a teritoriální rozdělení tržeb podniku. Součástí kapitoly je také plán devizové pozice podniku v eurech a popis zajištění měnového rizika v podniku na rok 2016.

3.1 Představení podniku Vítkovice Heavy Machinery a.s.

Vítkovice Heavy Machinery a je součástí skupiny Vítkovice Machinery Group a.s. Tato skupina patří mezi nejvýznamnější českou strojírenskou skupinu se silnou pozicí ve vybraných segmentech strojírenské produkce a v oblasti dodávek velkých investičních celků. Skupina má moderní a unikátní výrobní základnu a know-how založeným na výzkumu a vývoji. Od roku 1828 si Vítkovice Heavy Machinery vytvořila významnou pověst v dodávkách těžkých ocelových dílů nebo konstrukcí do různých průmyslových odvětví. Podnik byl zapsán do obchodního rejstříku dne 18. dubna 2001 se základním jměním 2 100 000 000 Kč. Je to podnik s vlastní výrobou oceli, která se zabývá dodávkami zejména v oblasti těžkých ocelových odlitků, opracovaných výkovků, zalomených hřídelí a dílů lodí, zařízení oceláren a válcoven, tvářecích zařízení a válcových obručí pro železniční průmysl. Díky uzavřenému výrobnímu cyklu se účastní mnoha inženýrských projektů.¹

Předmětem činnosti je výroba, obchod a služby ve strojírenství, montáž, opravy, revize a zkoušky tlakových, plynových, zdvihacích a elektrických zařízení, kovářství, zámečnictví, slévárenství, obráběčství, projektová činnost ve výstavbě, provádění staveb a jejich změn a odstraňování. Jediným akcionářem je mateřská společnost VÍTKOVICE, a.s., která se podílí 100 % na základním kapitálu.²

3.2 Finanční situace podniku

Obchodní činnost podniku je zaměřena na tuzemsko, ale hlavně na zahraniční země. Následující tabulka obsahuje základní členění prodeje podniku v letech 2012 až 2015.

¹ Historie. *Vítkovice*. [online]. 1.5.2016 [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: <http://www.vitkovice.cz/>

² Výroční zpráva Vítkovice Heavy Machinery a.s.

Tab. 3.1 Struktura tržeb v letech 2012-2015

Tržby		2012		2013		2014		2015	
		v tis. Kč	v %	v tis. Kč	v %	v tis. Kč	v %	v tis. Kč	v %
Celkem tržby		4 121 346	100	4 219 191	100	4 065 818	100	3 787 980	100
Tuzemsko		1 511 827	36,7	1 285 250	30,5	1 136 554	28	1 013 951	26,8
EXPORT	Celkem export	2 174 931	63,3	2 933 941	69,5	2 929 264	72	2 774 029	73,2
	Země Evropské Unie	1 946 415	47,2	2 450 067	58	2 354 934	57,9	2 223 995	58,7
	Ostatní země Evropy	82 607	2	198 278	4,7	176 956	4,3	124 180	3,3
	Ostatní země	580 497	14,1	285 596	6,8	397 374	9,8	425 854	11,2

Zdroj: Interní materiály podniku

Z této tabulky je zřejmé, že podíl tržeb ze zahraničních zemí převažuje nad podílem tržeb plynoucích z území České republiky. V roce 2015 se celkový objem tržeb snížil, ale podíl exportu se každoročně zvyšuje. V roce 2015 dosáhl export více než 73 % podílu na celkovém objemu tržeb. Nejvíce směřuje export do zemí Evropské Unie (dále jen EU). Nejmenší podíl tvoří export do ostatních zemí, kde jsou zařazeny země Afriky, Ameriky a Asie.

V následující tabulce 3.2 je znázorněno teritoriální rozložení exportu v roce 2015.

Tab. 3.2 Podíl exportu do jednotlivých zemí v roce 2015

	Tržby v tis. Kč	Podíl
Německo	861 402	31,1%
Španělsko	494 006	17,8%
Lucembursko	218 573	7,9%
Indie	103 538	3,7%
Hongkong	103 538	3,7%
Dánsko	100 898	3,6%
Korejská republika	96 209	3,5%
Finsko	82 520	3,0%
Nizozemsko	75 290	2,7%
Maďarsko	72 716	2,6%
USA	67 450	2,4%
Rusko	62 805	2,3%
Rumunsko	57 518	2,1%
Velká Británie	50 342	1,8%
Polsko	50 329	1,8%
Itálie	45 595	1,6%
Švýcarsko	33 920	1,2%
Slovensko	27 792	1,0%
Norsko	27 455	1,0%
Rakousko	25 845	0,9%
Švédsko	25 144	0,9%
Brazílie	22 544	0,8%
Francie	16 570	0,6%

	Tržby v tis. Kč	Podíl
Jihoafrická republika	16 466	0,6%
Slovinsko	11 260	0,4%
Thajsko	10 069	0,4%
Chorvatsko	5 892	0,2%
Kanada	3 472	0,1%
Japonsko	2 498	0,1%
Belgie	2 303	0,1%
Argentina	70	0,0%
Celkem	2 774 029	100,0%

Zdroj: Interní materiály podniku

Největší tržby podniku plynou z Německa a ze Španělska v roce 2015. Dále významnější podíl exportu směřuje do Lucemburska. Z tabulky 3.2 je patrné, že podnik obchoduje i s asijskými zeměmi, hlavně se zeměmi Indie a Hongkong, ale tento podíl je výrazně nižší oproti hlavním exportním zemím. Podnik realizuje tržby i v zemích Severní, Jižní Ameriky a Afriky, ale jejich exportní podíl je nepatrný oproti podílu zemí Evropské Unie.

Následující tabulka 3.3 obsahuje příjmy a výdaje podniku v eurech a v ostatních měnách v roce 2015.

Tab. 3.3 Struktura příjmů a výdajů v jednotlivých měnách v roce 2015

	Částka v tis. EUR	Částka v tis. CZK	Částka v tis. USD	Částka v tis. CZK	Částka v tis. GBP	Částka v tis. CZK	Částka v tis. CAD	Částka v tis. CZK	Částka v tis. CNY	Částka v tis. CZK
Příjmy obchodní	103 971	2 810 336	1 477	36 659	2 511	92 455	598	10 692	11 642	44 472
Čerpání úvěrů	139	3 757	0	0	0	0	0	0	0	0
Příjmy celkem	104 110	2 814 093	1 477	36 659	2 511	92 455	598	10 692	11 642	44 472
Výdaje provozní	42 915	1 159 992	6 424	159 443	0	0	0	0	0	0
Splátky úvěrů	2 972	80 333	0	0	0	0	0	0	0	0
Výdaje celkem	45 887	1 240 325	6 424	159 443	0	0	0	0	0	0
Saldo (Příjmy-Výdaje)	58 223	1 573 767	-4 947	- 122 784	2 511	92 455	598	10 592	11 642	44 472

Zdroj: Interní materiály podniku

Podnik tvoří velkou část svých příjmů a hradí své výdaje v cizích měnách, a to především v měně euro. Další měny, se kterými provádí podnik platby nebo realizuje příjmy, jsou americký dolar, britská libra, kanadský dolar a čínský juan. (Měnové kurzy jsou platné k 31.12.2015 27, 03 CZK/EUR; 24, 82 CZK/USD; 36, 82 CZK/GBP; 17, 88 CZK/CAD; 3, 82 CZK/CNY)

Z tabulky 3.3 je dále zřejmé, že v roce 2015 se společnost nacházela v dlouhé otevřené devizové pozici, kdy příjmy v eurech převyšovaly výdaje v eurech o výši 58 223 000 EUR.

U ostatních cizích měn, nevykazuje podnik tak výrazný rozdíl mezi příjmy a výdaji v daných měnách.

3.3 Zajištění měnového rizika v podniku

Podnik vychází při zajišťování měnového rizika z očekávaného plánu peněžních toků pro daný rok.

Tabulka 3.4 obsahuje plánované příjmy a výdaje dle jednotlivých měsíců v 2016.

Tab. 3.4 Plán devizové pozice podniku v eurech v roce 2016

Měsíce	Obchodní příjmy	Přijaté úvěry	Příjmy celkem	Výdaje provozní	Platby energií	Splátky úvěrů	Výdaje celkem	Saldo (Příjmy-Výdaje)
01/16	7 205	0	7 205	3 192	920	0	4 112	3 093
02/16	7 550	0	7 550	3 303	1 471	0	4 774	2 776
03/16	11 369	0	15 557	3 387	1 336	236	4 959	10 618
04/16	6 935	4 208	6 935	3 345	1 390	0	4 735	2 200
05/16	7 038	0	7 038	3 520	1 131	0	4 651	2 387
06/16	10 005	0	10 005	3 412	1 104	236	4 752	5 253
07/16	10 287	0	10 287	3 570	1 049	0	4 619	5 668
08/16	10 490	0	10 490	3 467	882	0	4 349	6 141
09/16	10 575	0	10 575	2 997	890	0	3 887	6 688
10/16	9 089	0	9 089	3 166	1 002	0	4 168	4 921
11/16	9 147	0	9 147	3 331	1 220	0	4 551	4 596
12/16	10 114	0	10 253	3 597	1 277	0	4 868	5 385
Celkem/rok	109 804	4 208	114 151	40 281	13 672	472	54 425	59 726

Zdroj: Interní materiály podniku

Z tabulky 3.4 vyplývá, že podnik očekává kladný rozdíl mezi plánovanými příjmy a plánovanými výdaji v jednotlivých měsících roku 2016. Roční očekávané příjmy podniku jsou pak konkrétně ve výši 114 151 tisíc EUR a roční očekávané výdaje jsou na úrovni 54 425 tisíc EUR. Podnik vykazuje kladný rozdíl mezi ročními plánovanými příjmy a plánovanými výdaji ve výši 59 726 tisíc EUR, tudíž se nachází v dlouhé otevřené devizové pozici.

Následující tabulka 3.5 uvádí zajišťovaný objem peněžních prostředků v eurech dle jednotlivých měsíců na rok 2016.

Tab. 3.5 Zajišťovaná částka dle jednotlivých měsíců roku 2016

Měsíc	Zajišťovaná částka v tis. EUR
Leden	1 775
Únor	1 775
Březen	1 775
Duben	1 425
Květen	1 425
Červen	1 425
Červenec	1 625
Srpen	1 625
Září	1 875
Říjen	5 025

Měsíc	Zajišťovaná částka v tis. EUR
Listopad	1 875
Prosinec	1 325
Celkem za rok 2016	22 950

Zdroj: Interní materiály podniku

Jak bylo uvedeno, plán devizové pozice podniku na rok 2016 je 5 976 tisíc. Kč. Celková zajišťovaná částka na rok 2016 činí 22 950 tisíc EUR, což je 38,59 % z celkové otevřené devizové pozice.

Podnik využívá zejména beznákladové opční strategie a také měnové forwardové kontrakty. V rámci srovnání hedgingových strategií k zajištění měnového rizika podniku jsou posouzeny zajišťovací instrumenty, které společnost ještě nevyužívala.

4 Posouzení vybraných hedgingových strategií

V této části práce jsou srovnány vybrané hedgingové strategie k zajištění měnového rizika podniku Vítkovice Heavy Machinery. Měnové riziko toho podniku vzniká hlavně ze změn měnového kurzu CZK/EUR, tudíž jsou strategie aplikovány k zajištění měnového rizika CZK/EUR.

Součástí této kapitole je popis vývoje měnového kurzu CZK/EUR v letech 2007 až 2015 a predikce volatility měnového kurzu na základě metody EWMA s dynamickým rozptylem.

Dále je provedena simulace vývoje měnového kurzu na základě metody Monte Carlo, kdy jsou predikovány náhodné vývoje kurzu v daných měsících. Měnový kurz je simulován ve dvou různých scénářích. První scénář uvažuje intervenci České národní banky (dále jen ČNB) po celý rok 2016, kdy je udržován kurz nad 27 CZK/EUR. Druhý scénář předpokládá intervenci ČNB pouze do konce měsíce května 2016 a přechod k plovoucímu kurzu v červnu 2016.

Podnik využívá k zajištění zejména beznákladové opční strategie a měnové forwardy. V rámci této kapitoly jsou posouzeny instrumenty, které společnost ještě nevyužívala k zajištění její dlouhé devizové pozice v eurech v roce 2016.

K zajištění měnového rizika podniku jsou srovnány 3 strategie. Jedná se o pasivní strategii, kdy nedochází k žádnému zajištění měnového rizika a podnik směřuje své příjmy a výdaje v eurech za aktuální spotový kurz CZK/EUR. Další vybranou strategií je uzavření swapového kontraktu, kdy společnost uzavře na začátku roku swapový kontrakt tvořený z 12 forwardových kontraktů. Poslední strategií je nákup prodejní opce (long put opce), kdy podnik nakoupí na začátku roku 12 put opcí s různou dobou splatnosti, a to od 1 do 12 měsíců.

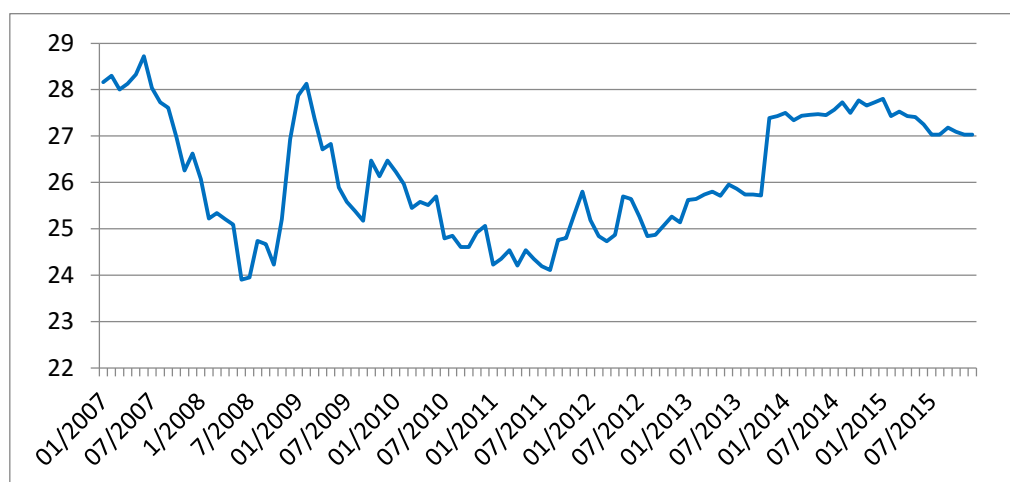
Výsledkem strategií je efekt, tedy ztráta nebo zisk vyjádřených v korunách, který by podnik dosáhl při volbě dané strategie. Hedgingové strategie jsou následně hodnoceny podle vybraných kritérií. Konkrétně se jedná o kritérium střední hodnota, směrodatná odchylka, nejlepší výsledek, nejhorší výsledek, $\text{VaR}_1\%$, $\text{VaR}_5\%$ a $\text{VaR}_{10}\%$.

4.1 Predikce volatility měnového kurzu CZK/EUR

K predikci volatility je využit model EWMA, který je charakterizován v kapitole 2.4. Při odhadu volatility je vycházeno z měsíční časové řady kurzu CZK/EUR v období od 1.1.2007 do 31.12.2015. Časová řada obsahuje měsíční kurzy CZK/EUR, které jsou platné ke konci každého měsíce.

V obrázku 4.1 je zachycen měsíční vývoj kurzu v CZK/EUR v letech 2007 až 2015.

Obr. 4.1 Vývoj kurzu CZK/EUR v letech 2007 až 2015



Zdroj: vlastní zpracování na základě dat z ARAD

V obrázku 4.1 lze vidět, že v letech 2007 až 2009 docházelo k velkému kolísání měnového kurzu CZK/EUR. Koruna posilovala vůči euru až do první poloviny roku 2008. Avšak v roce 2009 koruna prudce oslabila z důvodu světové finanční krize. Od listopadu 2013 se kurz pohybuje u hladiny 27 CZK/EUR, kdy ČNB zahájila devizové intervence díky, které došlo k oslabení koruny. Intervenci ČNB předcházela skutečnost, že v letech 2012 až 2013 došlo v české ekonomice k nárůstu nezaměstnanosti, poklesu příjmů, spotřeby domácností, zisků a investic firem. ČNB na to reagovala tím, že snížila úrokové sazby na technickou nulu (0,05 %) k podpoře inflace. Inflační cíl se nenaplnoval, tudíž se ČNB rozhodla provést devizové intervence a udržovat korunu nad 27 CZK za euro k dosažení inflačního cíle.

K predikci volatility je získáno celkem 108 vstupních dat, které jsou dostupné v databázi ARAD ČNB. Predikce volatility je řešena jako optimalizační úloha matematického programování, která využívá nástroj Řešitel v programu MS Excel. Optimalizační úloha je formulovaná v následující tabulce 4.1.

Tab. 4. 1 Optimalizační úloha EWMA modelu

Účelová funkce	$RMSE = \sqrt{\frac{1}{T} \cdot \sum_t^T z_t^2} \rightarrow \min$
Omezující podmínky	$0 \leq \lambda < 1$

Zdroj: vlastní zpracování

Kritérium optimalizace je účelová funkce, která vyjadřuje minimalizaci kritéria RMSE. Omezující podmínka stanovuje, že se lambda λ musí nacházet v intervalu $\langle 0,1 \rangle$. Pokud je lambda rovna číslu jedna, hovoří se o homoskedasticitě (konstantní rozptyl). Pokud se lambda λ nerovná číslu jedna, jedná se o adaptační proces.

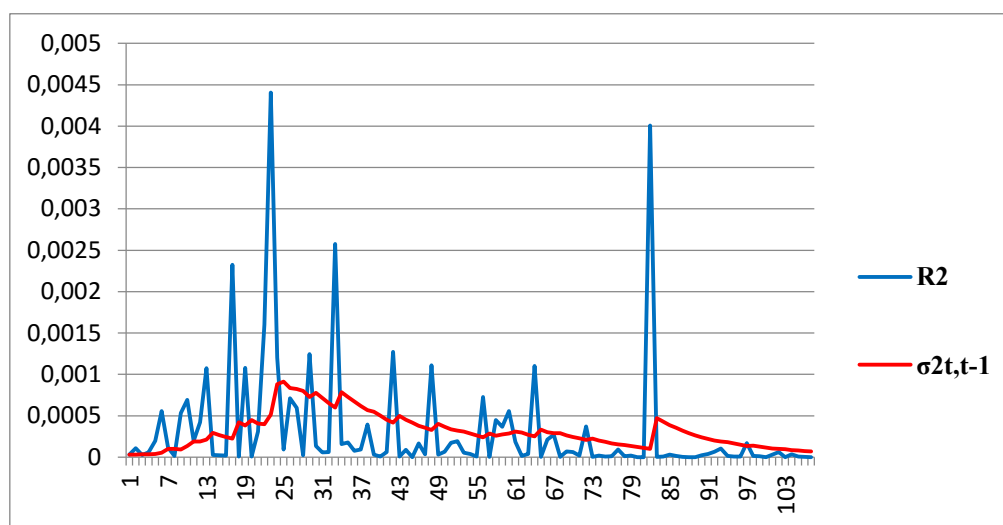
Prvním krokem predikce volatility je výpočet spojitých výnosů z měsíční časové řady měnového kurzu CZK/EUR dle vzorce (2.25). Poté je vypočtena střední hodnota měsíčních výnosů pomocí funkce „PRŮMĚR“ v MS Excel. Střední hodnota měsíčních výnosů činí - 0,04 %. Předpokládá se, že střední hodnota výnosu je rovna nule, tudíž jsou spojitě výnosy kurzu upraveny. K získání nulové střední hodnoty výnosů, je od každého spojitého měsíčního výnosu odečtena střední hodnota (-0,04 %). Následně je stanoven skutečný rozptyl R_t^2 jako druhá mocnina očištěných spojitých výnosů. Pak je propočten predikovaný rozptyl $\sigma_{t,t-1}^2$, predikovaná směrodatná odchylka $\sigma_{t,t-1}$ a chyba predikce z_t dle (2.27) až (2.30).

Posledním krokem je sestavení nástroje Řešitel, kde je stanovena účelová funkce a omezující podmínka. Pomocí řešitele je vypočítán parametr λ .

Výsledná hodnota parametru lambda je 0,905. Lambda se tedy nerovná 1, tudíž se nejedná o homoskedasticitu (konstantní rozptyl). Rozptyl měnového kurzu je tedy podmíněný, závislý na čase. V příloze 1 je uveden detailní výpočet volatility kurzu CZK/EUR pomocí EWMA.

V následujícím obrázku 4.2 je zobrazen predikovaný a skutečný rozptyl pomocí EWMA modelu.

Obr. 4.2 Srovnání vývoje skutečného a predikovaného rozptylu



Zdroj: vlastní zpracování

4.2 Simulace vývoje měnového kurzu CZK/EUR

Jak už bylo řečeno, ČNB provádí od listopadu 2013 devizové intervence. Simulace vývoje měnového kurzu je provedena pro dva předpokládané scénáře. První scénář je predikce vývoje měnového kurzu, která bere v úvahu devizovou intervenci ČNB po celý rok 2016, kdy je udržován kurz nad 27 CZK/EUR. Druhý scénář předpokládá, že ČNB ukončí devizovou intervenci na konci 5. měsíce 2016 a od 6. měsíce je zaveden plovoucí kurz. V každém modelovém scénáři je porovnáno rozdělení pravděpodobnosti náhodného vývoje kurzu CZK/EUR s konstantní volatilitou a rozdělení pravděpodobnosti kurzu CZK/EUR s dynamickou volatilitou.

Pomocí simulační metody Monte Carlo je predikován vývoj kurzu CZK/EUR na rok 2016. Podstata metody Monte Carlo je vysvětlena v podkapitole 2.5. Simulace je provedena pro 1 000 náhodných scénářů (řada navazujících pokusů) pro období jeden rok a ve 12 krocích, které představují 12 měsíců. Každý pokus tedy vyjadřuje vývoj kurzu CZK/EUR na 12 měsíců.

4.2.1 Simulace s intervencí

Prvním krokem simulace je vygenerování náhodných čísel $\tilde{\varepsilon}$ z normovaného rozdělení $N(0,1)$ pro 1 000 scénářů (pokusů) pomocí Generátoru pseudonáhodných čísel v programu MS Excel. V generátoru jsou zadány vstupní parametry. Počet proměnných je

12, počet náhodných čísel je 1 000, typ rozložení je normální, střední hodnota je rovna nule a směrodatná odchylka má hodnotu jedna. Je vygenerováno celkem 12 000 náhodných čísel ($12 \cdot 1\,000$).

Poté je vypočten náhodný vývoj **měnového kurzu s konstantní volatilitou** dle vzorce (2.39). Vstupní údaje pro výpočet náhodného vývoje měnového kurzu CZK/EUR jsou uvedeny v tabulce č. 4.2.

Tab. 4.2 Vstupní údaje pro vývoj měnového kurzu s konstantní volatilitou

Střední hodnota	-0,038 %
Měsíční rozptyl σ^2	0,000321
Interval Δt (délka jednoho kroku)	1
Výchozí cena akcie S_0	27,03
N (počet kroků)	12

Zdroj: vlastní zpracování

Střední hodnota měsíčního spojitého výnosu je vypočtena z časové řady měsíčních spojitých výnosů kurzu CZK/EUR pomocí funkce „PRŮMĚR“ v programu MS Excelu. Měsíční rozptyl je vypočten ze spojitých výnosů historické časové řady kurzu CZK/EUR pomocí funkce VAR. Výchozí měnový kurz S_0 odpovídá kurzu ke dni 31.12.2015. Počet kroků N je 12. Délka jednoho kroku je jeden měsíc. Dále je nutné zahrnout do výpočtu simulovaného měnového kurzu, že daná hodnota kurzu nepoklesne pod hladinu 27 CZK/EUR. Úprava se provede pomocí funkce „KDYŽ“ v MS Excel.

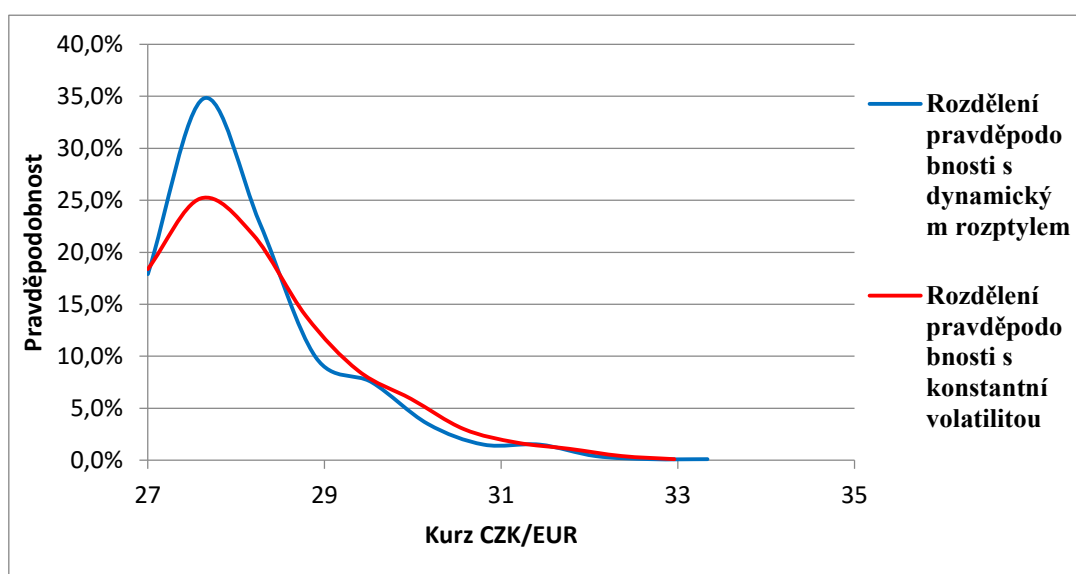
Dalším krokem je provedení výpočtu **měnového kurzu s dynamickým rozptylem** pro každý scénář v jednotlivých měsících roku 2016. Vstupní údaje (s výjimkou hodnoty rozptylu) a postup výpočtu zůstávají stejné jako v případě výpočtu vývoje měnového kurzu s konstantní volatilitou. Dynamický rozptyl je vypočten pomocí modelu EWMA. V každém scénáři (pokusu) je vypočten rozptyl pro každý krok (12 měsíců). Rozptyl pro daný měsíc v jednotlivých scénářích je vypočten dle vzorce (2.27). Následně je opět upraven vzorec pro výpočet hodnoty kurzu CZK/EUR pomocí funkce „KDYŽ“.

Dále je potřeba zobrazit rozdělení pravděpodobnosti měnového kurzu, které vyjadřuje, s jakou pravděpodobností se hodnoty měnového kurzu vyskytují v daných intervalech. K výpočtu hustoty rozdělení pravděpodobnosti měnového kurzu je využita funkce v MS Excelu „ČETNOSTI“. Nejdříve jsou rozděleny simulované hodnoty měnového kurzu do 10 intervalů. Pomocí funkce MAX(.) a MIN(.) jsou zjištěny hraniční hodnoty intervalů, tedy nejvyšší a nejnižší hodnota měnového kurzu. Následně je vypočten ekvidistanční interval pro

10 intervalů. Pomocí funkce „ČETNOSTI“ je určen počet simulovaných hodnot kurzu CZK/EUR v jednotlivých intervalech. Hustota rozdělení pravděpodobnosti měnového kurzu je vypočtena jak pro simulaci kurzu s konstantní volatilitou, tak pro simulaci kurzu s dynamickou volatilitou.

V obrázku 4.3 je zachyceno srovnání hustoty rozdělení pravděpodobnosti pro poslední predikované období (měsíc prosinec) kurzu CZK/EUR s konstantní a dynamickou volatilitou. Konkrétní hodnoty rozdělení pravděpodobnosti kurzu CZK/EUR jsou zobrazeny v příloze č. 2 a 3.

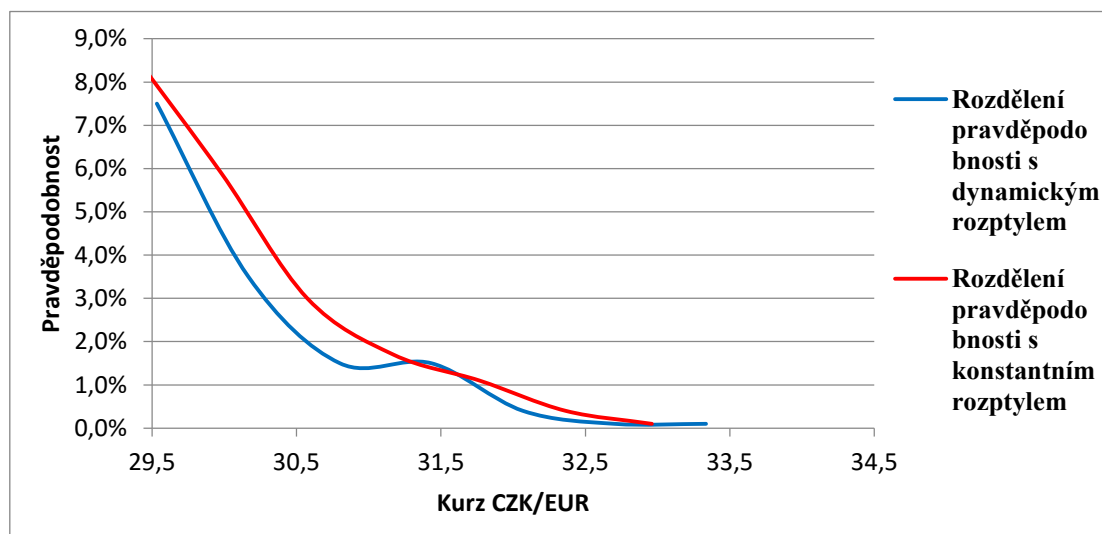
Obr. 4.3 Srovnání rozdělení pravděpodobnosti simulovaného kurzu CZK/EUR s konstantní a dynamickou volatilitou



Zdroj: vlastní zpracování

V obrázku 4.3 je možné vidět, že rozdělení pravděpodobnosti reálného scénáře s dynamickým rozptylem je špičatější než rozdělení pravděpodobnosti s konstantní volatilitou. Rozdělení pravděpodobnosti reálného scénáře má menší těžší konec než scénář s konstantní volatilitou, což je zřetelnější v následujícím obrázku.

Obrázek 4.4 Srovnání rozdělení pravděpodobnosti simulovaného kurzu CZK/EUR s detailem na těžší konce

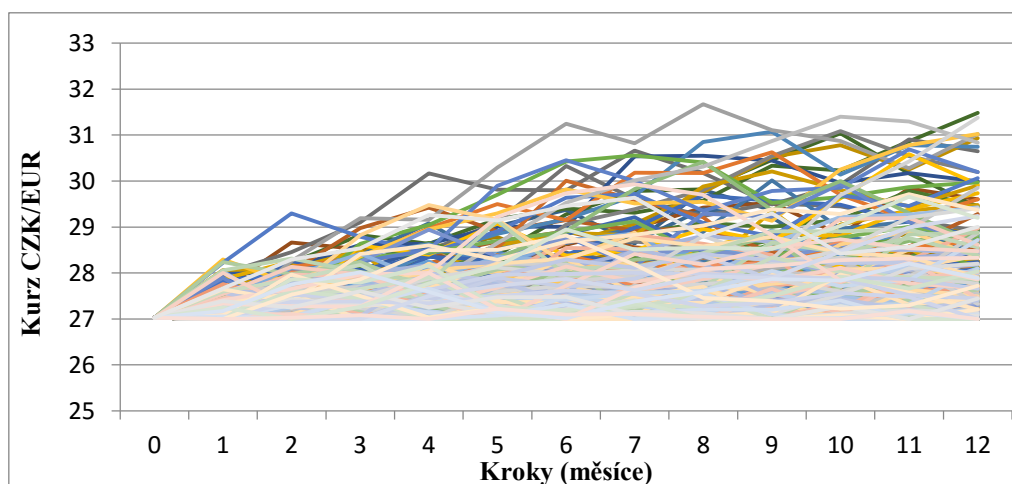


Zdroj: vlastní zpracování

Simulace vývoje měnové kurzu CZK/EUR s dynamickou volatilitou je přesnější než s konstantní volatilitou, protože zobrazuje reálnější vývoj měnového kurzu CZK/EUR. Vybrané strategie jsou proto aplikovány na simulaci měnového kurzu s **dynamickou volatilitou**.

V obrázku 4.5 je zobrazen predikovaný vývoj měnového kurzu CZK/EUR s dynamickou volatilitou pro 255 scénářů (z důvodu omezení MS Excel) v roce 2016.

Obr. 4.5 Simulace vývoje kurzu CZK/EUR s dynamickou volatilitou



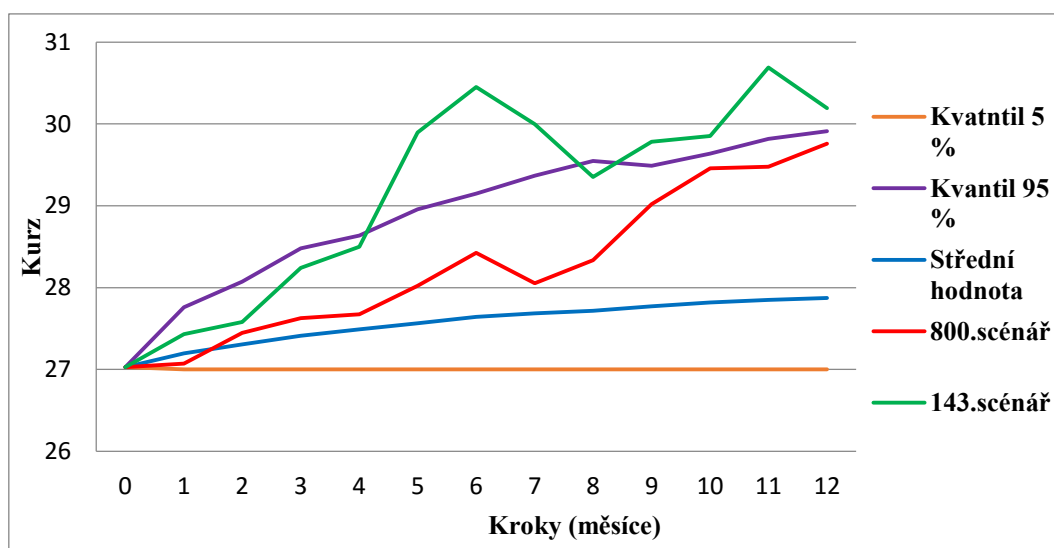
Zdroj: vlastní zpracování

Z obrázku 4.5 je patrné dolní ohraničení kurzu na úrovni 27 CZK/EUR. Tato dolní hranice vývoje měnového kurzu vyjadřuje devizovou intervenci ČNB díky, níž měnový kurz nepoklesne pod hranici 27 CZK/EUR.

Dalším krokem týkající se simulace měnového kurzu je výpočet vybraných parametrů. Zvolené parametry jsou střední hodnota, kvantil 95 % a 5 %. Střední hodnota je stanovena pomocí funkce PRŮMĚR v MS Excel ze simulovaných měnových kurzů. Kvantil 95 % a 5 % je vypočten pomocí funkce PERCENTIL v MS Excel ze simulovaných měnových kurzů CZK/EUR. Kvantily určují meze, ve kterých by se měly náhodné měnové kurzy pochybovat. Pouze 10 % scénářů se může dostat mimo tuto mez, a to 5 % pod a 5 % nad ni.

Následující obrázek znázorňuje hraniční meze (kvantily), střední hodnotu a některé scénáře z 1 000 simulovaných scénářů.

Obrázek 4.6 Simulovaný kurz CZK/EUR s dynamickou volatilitou a vybrané parametry a scénáře



Zdroj: vlastní zpracování

Z obrázku 4.6 je zřejmé, že 143. scénář se vyskytuje mimo hraniční mez. Jak už bylo řečeno, pouze 5 % scénářů se může dostat nad a pod hraniční kvantily. Vývoj kvantilu 5 % se pohybuje v každém měsíci na úrovni 27 CZK/EUR. Je to způsobeno tím, že v simulaci měnového kurzu je uvažováno s devizovou intervencí, která udržuje měnový kurz nad hladinou 27 CZK/EUR.

V tabulce číslo 4. 3 jsou znázorněny konkrétní vypočítané hodnoty parametrů.

Tab. 4.3 Parametry simulace vývoje měnového kurzu CZK/EUR (s intervencí)

Měsíc	Střední hodnota	Kvantil 95 %	Kvantil 5 %
0	27,03	27,03	27,03
1	27,20	27,76	27
2	27,31	28,07	27
3	27,41	28,48	27
4	27,49	28,64	27
5	27,57	28,96	27
6	27,64	29,15	27
7	27,69	29,37	27
8	27,72	29,55	27
9	27,77	29,49	27
10	27,82	29,64	27
11	27,85	29,82	27
12	27,87	29,91	27

Zdroj: vlastní zpracování

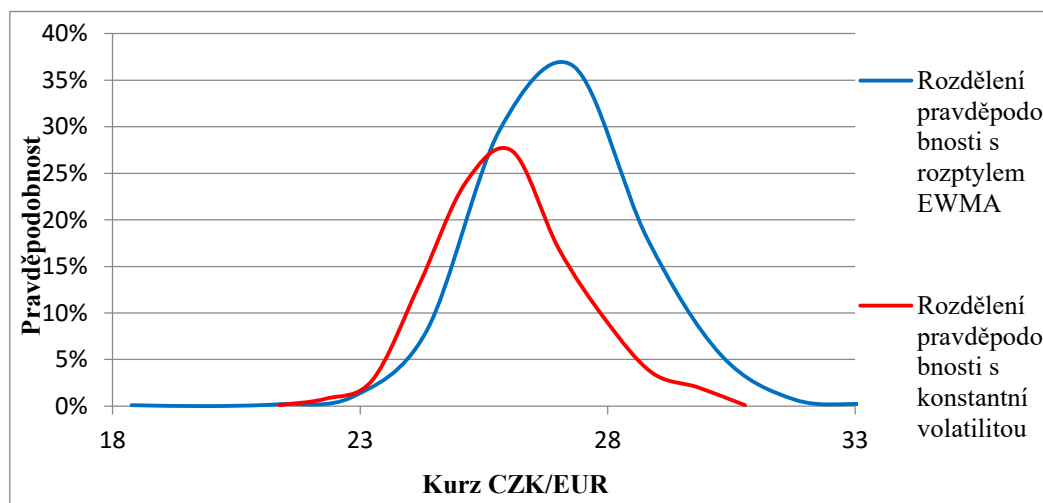
4.2.2 Simulace s plovoucím kurzem od června roku 2016

Simulace s plovoucím měnovým kurzem přepokládá, že ČNB přestane intervenovat ve druhé polovině roku 2016, tedy v 6. měsíci. Po ukončení devizové intervence je možné předpokládat, že dojde ke skokovému posílení měnového kurzu.

V případě simulace měnového kurzu s plovoucím kurzem od června roku 2016 jsou využity již vygenerovaná náhodná čísla pomocí Generátoru pseudonáhodných čísel. Náhodný vývoj měnového kurzu je vypočten analogicky jako v simulaci měnového kurzu s intervencí pro konstantní rozptyl a dynamický rozptyl, s tím rozdílem, že v 6. měsíci je snížena hodnota měnového kurzu o číslo dvě v každém scénáři z důvodu skokového posílení kurzu.

V obrázku 4.7 je opět zobrazeno srovnání rozdělení pravděpodobnosti měnového kurzu s dynamickou volatilitou a konstantní volatilitou pro poslední simulované období. Konkrétní hodnoty rozdělení pravděpodobností kurzu je zobrazen v Příloze 2 a 3.

Obr. 4.7 Srovnání rozdělení pravděpodobnosti simulovaného kurzu CZK/EUR s konstantní a dynamickou volatilitou

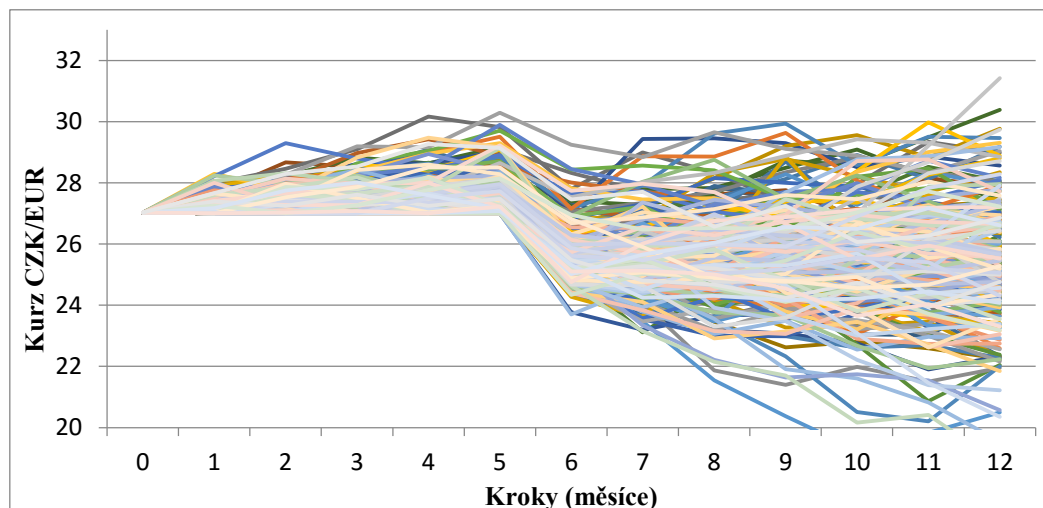


Zdroj: vlastní zpracování

V grafu 4.7 lze vidět, že reálný scénář s dynamickou volatilitou má větší těžké konce než scénář s konstantní volatilitou. Zajištění měnového rizika podniku je aplikováno, stejně jako ve scénáři uvažující devizovou intervencí po celý rok 2016, na simulaci měnového kurzu s **dynamickou volatilitou**.

V obrázku 4.8 je zachycena simulace vývoje měnového kurzu s dynamickou volatilitou pro 255 scénářů (z důvodu omezení MS Excel) na 12 měsíců roku 2016.

Obr. 4.8 Simulace vývoje měnového kurzu CZK/EUR s dynamickou volatilitou

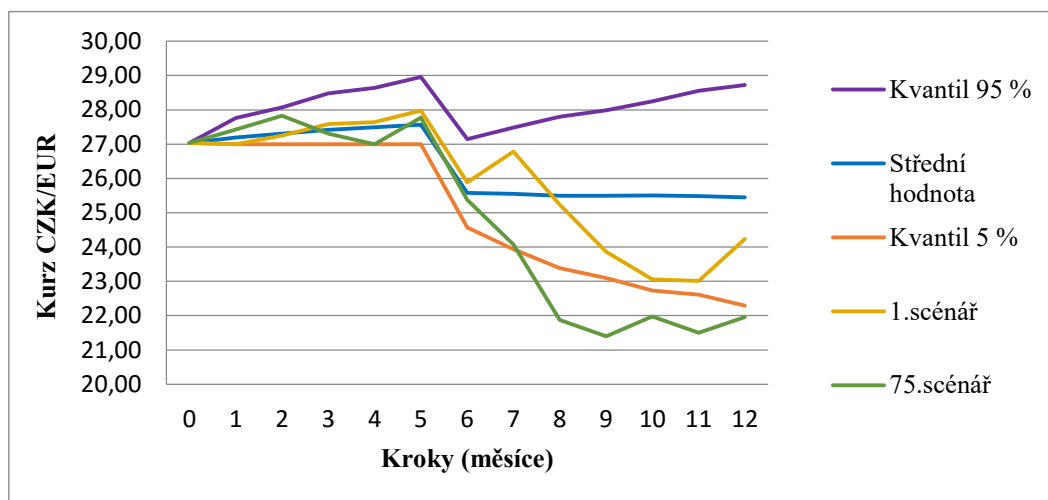


Zdroj: vlastní zpracování

Z obrázku 4.8 je patrné skokové posílení měnového kurzu v dané simulaci měnového kurzu. V jednotlivých scénářích nepřekročil kurz hranici 27 CZK/EUR do konce 5. měsíce (května) a od 6. měsíce došlo k uvolnění měnového kurzu.

Následně je opět vytvořen obrázek 4.9 znázorňující hraniční meze (kvantily), střední hodnotu a některé simulované scénáře z 1 000 simulovaných scénářů.

Obrázek 4.9 Simulovaný kurz CZK/EUR s dynamickou volatilitou a vybrané parametry a scénáře



Zdroj: vlastní zpracování

Z obrázku 4.9 je zřejmý přechod kurzového režimu v 6. měsíci. Žádný ze scénářů nemůže překročit kvantil 5 % do 5. měsíce, protože devizová intervence ČNB udržuje měnový kurz nad hranicí 27 CZK/EUR. Od června dojde k uvolnění měnového kurzu a některé scénáře překročily kvantil 5 %, konkrétně scénář číslo 75.

V tabulce 4.4 jsou opět zobrazeny výsledné hodnoty parametrů simulace vývoje kurzu CZK/EUR. Parametry jsou vypočteny stejným způsobem jako v předchozím scénáři s devizovou intervencí.

Tab. 4.4 Parametry simulace vývoje měnového kurzu CZK/EUR

Měsíc	Střední hodnota	Kvantil 95 %	Kvantil 5 %
0	27,03	27,03	27,03
1	27,20	27,76	27
2	27,31	28,07	27
3	27,41	28,48	27
4	27,49	28,64	27
5	27,56	28,96	27
6	27,58	27,15	24,58
7	25,55	27,48	23,94
8	25,49	27,80	23,39
9	25,50	27,98	23,10

Měsíc	Střední hodnota	Kvantil 95 %	Kvantil 5 %
10	25,50	28,24	22,73
11	25,49	28,56	22,61
12	25,45	28,72	22,29

Zdroj: vlastní zpracování

4.3 Aplikace vybraných hedgingových strategií

Podnik Vítkovice Heavy Machinery se nachází v dlouhé otevřené devizové pozici v eurech, tudíž je vystaven měnovému riziku v důsledku posílení měnového kurzu. V prvním modelovém scénáři provádí ČNB devizové intervence po celý rok 2016, tudíž je měnové riziko pro podnik s dlouhou devizovou pozicí nižší. Ve druhém modelovém scénáři se předpokládá, že ČNB svůj intervenční režim ukončí na konci května 2016 a od června přejde opět k plovoucímu kurzu. V tomto modelovém scénáři se zvyšuje měnové riziko pro podnik, protože volatilita měnového kurzu je mnohem vyšší.

Podnik využívá k zajištění měnového rizika hlavně beznákladové opční strategie a měnové forwardy. V této kapitole jsou aplikovány zajišťovací strategie, které podnik ještě nevyužíval, v rámci dvou zmíněných scénářů. K zajištění měnového rizika podniku je posuzován swapový kontrakt a long put opce. Zajišťovací strategie jsou srovnávány s pasivní strategií, ve které podnik není zajištěn proti pohybu měnového kurzu.

Podnik má naplánované příjmy a výdaje v eurech v jednotlivých měsících na rok 2016, ze kterých vychází pro určení objemu zajišťovaných finančních prostředků. V tabulce 4.5 jsou uvedeny zajišťované částky v jednotlivých měsících pro rok 2016.

Tab. 4.5 Zajišťované částky podniku pro rok 2016

Měsíc	Zajišťovaná částka v tis. EUR
Leden	1 775
Únor	1 775
Březen	1 775
Duben	1 425
Květen	1 425
Červen	1 425
Červenec	1 625
Srpen	1 625
Září	1 875
Říjen	5 025
Listopad	1 875
Prosinec	1 325
Celkem za rok 2016	22 950

Zdroj: interní materiály podniku

4.3.1 Simulace s intervencí - pasivní strategie

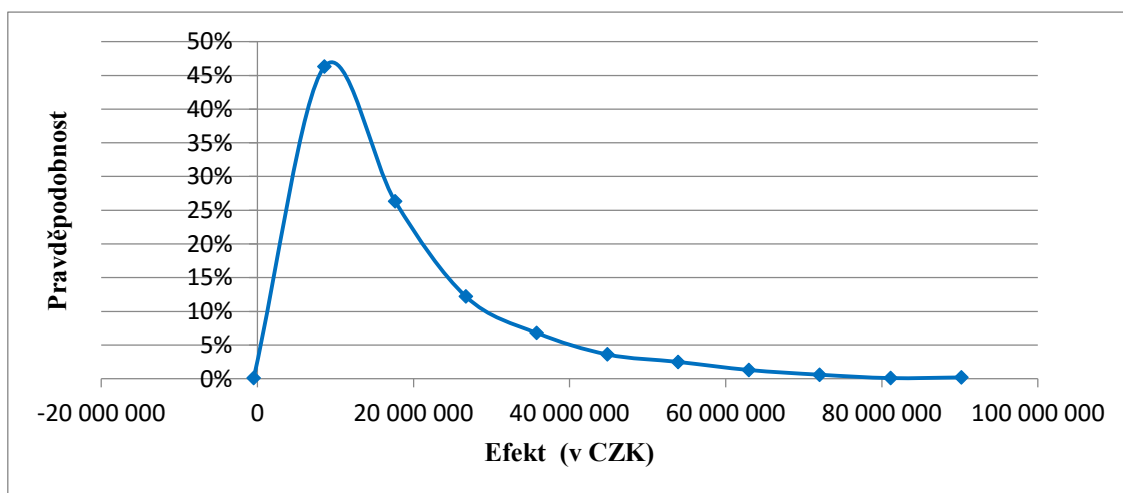
Pasivní strategie znamená, že podnik nevyužívá žádné nástroje k zajištění měnového rizika. Podnik bude provádět každý měsíc směnu dané zajišťované částky v eurech na české koruny za aktuální spotový kurz. Výsledný efekt z této strategie je vyjádřen jako

$$efekt_t = Q_t * (S_t - S_0), \quad \text{pro } t = \{1, 2, \dots, 12\}, \quad (4.1)$$

kde Q_t je zajišťovaná částka v daném měsíci. S_t vyjadřuje aktuální kurz v čase t , tedy hodnoty kurzu simulované v prostředí devizové intervence pomocí metody Monte Carlo a S_0 označuje kurz CZK/EUR v čase $t = 0$ (kurz k 31.12.2015 je 27,03). V případě, že $S_t > S_0$, tak podnik dosáhne zisku. Pokud je $S_t < S_0$, tak podnik realizuje ztrátu.

V obrázku 4.10 je znázorněno rozdělení pravděpodobnosti výsledného ročního efektu z pasivní strategie, které vyjadřuje, s jakou pravděpodobností se dosažený efekt vyskytuje v určitém intervalu. Konkrétní hodnoty efektů z pasivní strategie jsou zobrazeny v Příloze 5.

Obr. 4.10 Rozdělení pravděpodobnosti efektu z pasivní strategie



Zdroj: vlastní zpracování

Z obrázku 4.10 je zřejmé, že téměř při všech simulovaných kurzech by firma dosáhla zisku. Maximální ztráta, kterou podnik může realizovat z pasivní strategie je – 480 641 CZK s pravděpodobností 0,10 %. Maximální zisk, který by podnik vytěžil ze strategie je 90 166 350 CZK s pravděpodobností 0,20 %. Nejčtenější efekt je zisk s hodnotou 8 584 058 CZK a s pravděpodobností 46,30 %.

4.3.2 Simulace s intervencí - swapový kontrakt

Swapový kontrakt na období jednoho roku je tvořen 12 forwardovými kontrakty s různou dobou splatnosti (1 až 12 měsíců), ale se stejnou realizační cenou.

Nejdříve je proveden výpočet realizační ceny X dle vzorce (2.11), která má hodnotu 27,0888. Domácí bezriziková úroková sazba R_d je rovna roční sazbě PRIBOR, která má hodnotu 0,46 %. Za zahraniční bezrizikovou úrokovou sazbu je dosazena roční EURIBOR, která činí 0,059 %. Bezrizikové sazby jsou platné k prosinci roku 2015.

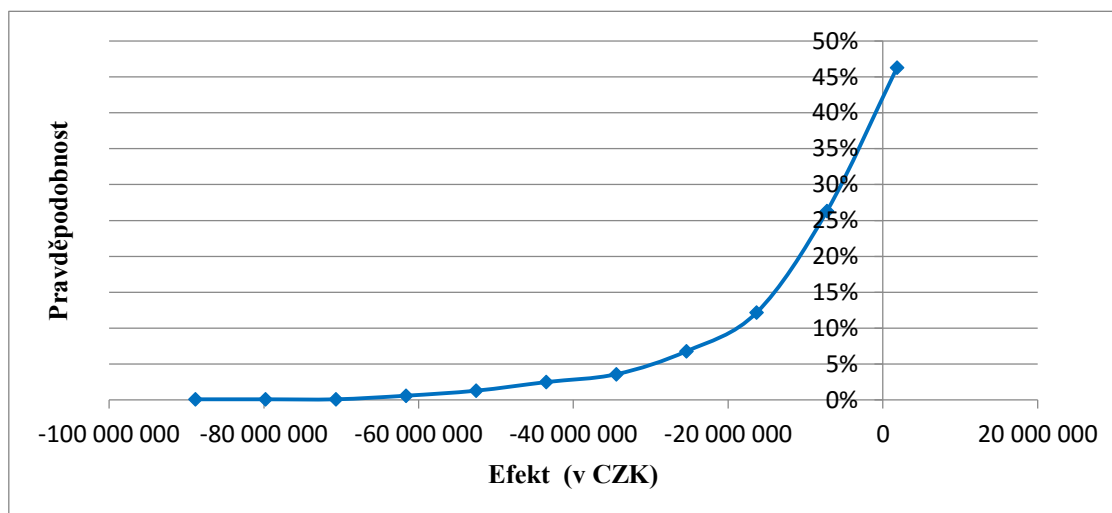
Efekt z této strategie je vypočten dle následujícího vzorce

$$efekt_t = Q_t * (X - S_t), \text{ pro } t = \{1, 2, \dots, 12\}, \quad (4.2)$$

kde Q_t je měsíční zajišťovaná částka v daném měsíci, X realizační cena a S_t je aktuální spotový měnový kurz, tedy simulovaný kurz dle metody Monte Carlo.

V následujícím obrázku 4.11 je graficky znázorněné rozdělení pravděpodobnosti výsledného ročního efektu, který podnik dosáhne z využití swapové strategie pro 1 000 možných scénářů vývoje měnového kurzu CZK/EUR v roce 2016. Hodnoty efektů ze swapové strategie jsou znázorněny v Příloze 5.

Obr. 4.11 Rozdělení pravděpodobnosti efektu ze swapové strategie



Zdroj: vlastní zpracování

Ze swapové strategie převažují efekty, které vykazují ztrátu. Maximální ztráta, kterou podnik realizuje, je – 88 817 994 CZK pro 0,10 % simulovaných měnových kurzů. Celkově podnik vykazuje ztrátu z uzavření swapového kontraktu v intervalu <- 88 817 994 CZK;

- 7 235 702 CZK> s 53,6 % pravděpodobností. Nejvyšší zisk, který podnik dosáhl, je 1 828 997 CZK s pravděpodobností 46,30 %.

4.3.3 Simulace s intervencí - long put opce

Podnik se zajistí na období jednoho roku, kdy na začátku roku nakoupí 12 put opcí (long put opce) s různou dobou splatnosti. Za zakoupení opce musí zaplatit opční premii, která vyjadřuje cenu put opce. Podnik tak získá právo využít opci za realizační cenu do doby splatnosti opce. Podkladovým aktivem opce jsou měsíční zajišťované částky podniku. Stanovení ceny put opce je provedeno na základě Black-Scholesova modelu pro ocenění měnových opcí dle vztahů (2.23) a (2.24).

Vstupní hodnoty potřebné k výpočtu ceny put opce jsou zobrazeny v tab. 4.6.

Tab. 4.6 Vstupní údaje pro stanovení ceny opce

Opce	R_d	R_f	S_0	dt	σ	X
1	0,0046	0,00059	27,03	0,083	0,0621	27,1970
2	0,0046	0,00059	27,03	0,167	0,0621	27,3083
3	0,0046	0,00059	27,03	0,250	0,0621	27,4127
4	0,0046	0,00059	27,03	0,333	0,0621	27,4888
5	0,0046	0,00059	27,03	0,417	0,0621	27,5653
6	0,0046	0,00059	27,03	0,500	0,0621	27,6439
7	0,0046	0,00059	27,03	0,583	0,0621	27,6865
8	0,0046	0,00059	27,03	0,667	0,0621	27,7168
9	0,0046	0,00059	27,03	0,750	0,0621	27,7712
10	0,0046	0,00059	27,03	0,833	0,0621	27,8174
11	0,0046	0,00059	27,03	0,917	0,0621	27,8505
12	0,0046	0,00059	27,03	1,000	0,0621	27,8719

Zdroj: vlastní zpracování

Domácí bezriziková míra R_d odpovídá roční sazbě PRIBOR platné k prosinci. Zahraniční bezriziková míra R_f je rovna roční sazbě EURIBOR platné k prosinci. Vstupní parametr S_0 je výchozí kurz CZK/EUR, který je platný k 31.12.2015 a činí 27,03. Realizační cena X_t je vyjádřena jako střední hodnota náhodných kurzů v daném měsíci získaných pomocí simulace Monte Carlo. Parametr dt představuje dobu splatnosti opce, která je postupně pro 1. opci jeden měsíc, pro 2. opci 2 měsíce až pro 12. opci 12 měsíců. Směrodatná odchylka odpovídá roční volatilitě časové řady měnového kuru CZK/EUR.

Výsledné ceny jednotlivých opcí jsou zobrazeny v následující tabulce 4.7.

Tab. 4.7 Cena jednotlivých opcí

Opce	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Cena	0,2829	0,4238	0,5437	0,6361	0,7233	0,8081	0,8653	0,9117	0,9727	1,0264	1,0699	1,1042

Zdroj: vlastní zpracování

Z tabulky 4.7 lze vidět, že se cena put opce zvyšuje s délkou doby životnosti opce. Podrobnější výpočet ceny opcí je zobrazen v Příloze 4.

Dalším krokem je výpočet výsledného efektu z opční put strategie. Podnik se může rozhodnout, zda využije nebo nevyužije opční právo. Volba je závislá na aktuální výši spotového kurzu. Pokud je aktuální spotový kurz S_t v době realizace menší než realizační cena X , tak podnik opci využije a efekt z této strategie je roven

$$efekt = Q_t * (X - S_t - p), \quad \text{pro } t = \{1, 2, \dots, 12\}, \quad (4.3)$$

kde Q_t je množství zajišťované částky v daném měsíci, X je realizační cena, S_t je aktuální spotový kurz, tedy simulovaná kurz dle metody Monte Carlo a p je cena put opce (opční prémie). Pokud je aktuální spotový kurz S_t větší nebo roven realizační ceně X , podnik opci nevyužije a efekt je vyjádřený podle následující rovnice

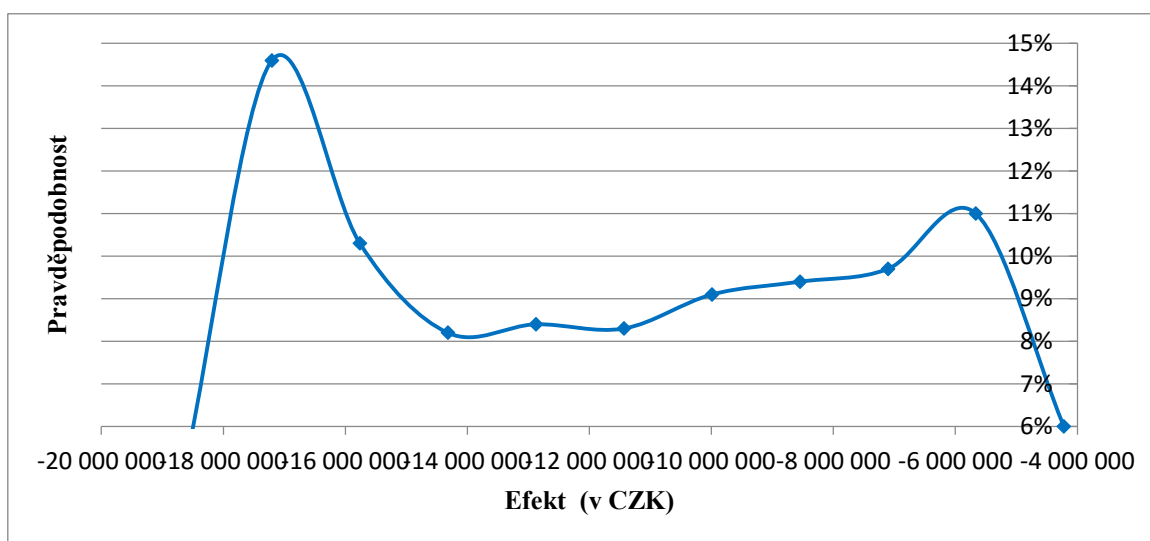
$$efek = Q_t * (-p), \quad (4.4)$$

kde Q_t je objem zajišťovacích finančních prostředků v daném měsíci a p je cena opce (opční prémie). Výsledný efekt ze strategie v daném měsíci je možné shrnout do následující rovnice

$$výslednýefekt = Q * \max(X - S_t - p; -p) \quad (4.5)$$

V obrázku 4.12 je znázorněné rozdělení pravděpodobnosti výsledného ročního efektu z long put opce pro 1 000 náhodných scénářů vývoje měnového kurzu v roce 2016. Podrobnější výpočet efektů ze strategie long put opce je zobrazen v Příloze 5.

Obr. 4.12 Rozdělení pravděpodobnost efektu z put opční strategie



Zdroj: vlastní zpracování

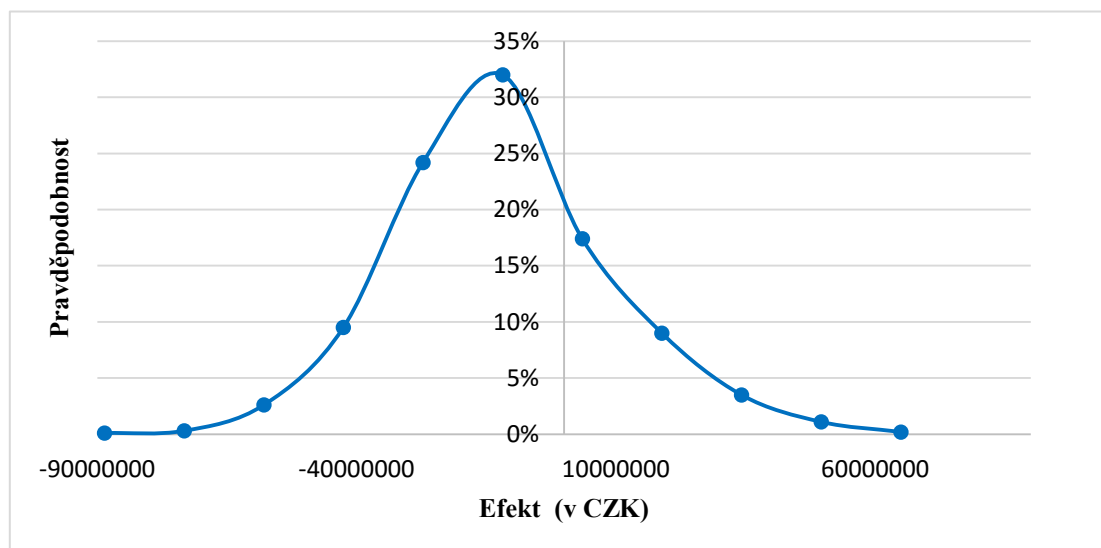
Pokud by podnik zvolil tuto strategii, tak pro žádné simulované hodnoty měnového kurzu by nerealizoval zisk. Maximální ztrátu, kterou by podnik utrpěl, je – 18 646 492 CZK s 4,90 % pravděpodobností. Největší četnost vykazuje ztráta – 17 203 965 CZK s 14,60 % pravděpodobností.

4.3.4 Simulace s plovoucím kurzem od června roku 2016 - pasivní strategie

Výsledný efekt z pasivní strategie je vypočten dle vzorce (4.1). Za aktuální náhodné spotové kurzy jsou dosazeny hodnoty měnového kurzu ze scénáře s plovoucím kurzem od června 2016. Pokud tedy aktuální spotový kurz bude větší než výchozí kurz (27,03 CZK/EUR), podnik bude realizovat zisk. V opačném případě bude efekt ze strategie ztrátový.

V následujícím obrázku je znázorněno rozdělení pravděpodobnosti výsledného ročního efektu z pasivní strategie pro 1 000 simulovaných scénářů vývoje měnového kurzu CZK/EUR v roce 2016. Konkrétní hodnoty efektů z pasivní strategie jsou uvedeny v Příloze 6.

Obr. 4.13 Rozdělení pravděpodobnosti efektu z pasivní strategie



Zdroj: vlastní zpracování

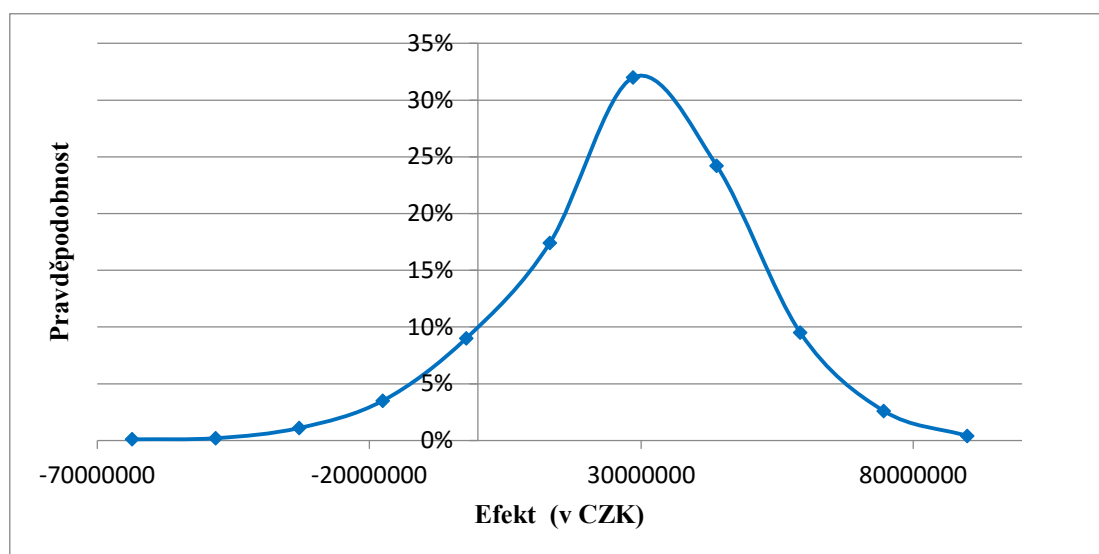
Podnik realizuje celkový zisk z pasivní strategie s 31,20 % pravděpodobností a v intervalu $\langle 3\,514\,261 \text{ CZK}; 64\,933\,973 \text{ CZK} \rangle$. Nejčtenější ztráta z pasivní strategie se vyskytuje s pravděpodobností 32 % a s hodnotou $-11\,840\,668 \text{ CZK}$. Maximální ztráta z této strategie je $-88\,615\,309 \text{ CZK}$ s pravděpodobností 0,10 %.

4.3.5 Simulace s plovoucím kurzem od června roku 2016 - swapový kontrakt

Podnik opět nakoupí na začátku roku 2016 swapový kontrakt složený z 12 forwardových kontraktů s různou dobou splatnosti, ale se stejnou realizační cenou. Efekt z této strategie je vypočten dle vzorce (4.2). Realizační cena X je rovna 27,0888. Domácí bezriziková úroková sazba R_d má hodnotu 0,46 %. Zahraniční bezriziková úroková sazba činí 0,059 %. Bezrizikové sazby jsou platné k prosinci roku 2015. Za S_t jsou dosazeny náhodné hodnoty měnového kurzu ze simulace s ukončením devizových intervencí na konci měsíce května roku 2016.

V obrázku 4.14 je znázorněno rozložení pravděpodobnosti výsledného ročního efektu ze swapového kontraktu pro 1000 scénářů za rok 2016. Hodnoty efektů ze swapové strategie jsou zobrazeny v Příloze 6.

Obr. 4.14 Rozdělení pravděpodobnosti efektu ze swapového kontraktu



Zdroj: vlastní zpracování

Pro většinu simulovaných měnových kurzů podnik dosahuje zisku. Maximální zisk, který může společnost vytěžit z této strategie je 89 963 665 CZK s 0,40 % pravděpodobností. Nejpravděpodobnější zisk z využití swapové strategie je v hodnotě 28 543 952 CZK. Ztráta, která plyne pro podnik ze swapové strategie, se pohybuje v rozmezí <-2 165 905 CZK; - 63 585 617 CZK> s celkovou pravděpodobností 13,90 %.

4.3.6 Simulace s plovoucím kurzem od června roku 2016 - long put opce

Podnik nakoupí na začátku roku 12 put opcí s různou dobou životnosti. Cena opce je vypočtena dle vztahu (2.23) a (2.24). Vstupní hodnoty k výpočtu ceny opce jsou zobrazeny v následující tabulce.

Tab. 4.8 Vstupní údaje pro výpočet ceny put opce

Opce	R_d	R_f	S_0	dt	σ	X
1	0,0046	0,00059	27,03	0,083	0,0621	27,1970
2	0,0046	0,00059	27,03	0,167	0,0621	27,3083
3	0,0046	0,00059	27,03	0,250	0,0621	27,4127
4	0,0046	0,00059	27,03	0,333	0,0621	27,4888
5	0,0046	0,00059	27,03	0,417	0,0621	27,5653
6	0,0046	0,00059	27,03	0,500	0,0621	25,5760
7	0,0046	0,00059	27,03	0,583	0,0621	25,5482
8	0,0046	0,00059	27,03	0,667	0,0621	25,4937
9	0,0046	0,00059	27,03	0,750	0,0621	25,4979
10	0,0046	0,00059	27,03	0,833	0,0621	25,4988
11	0,0046	0,00059	27,03	0,917	0,0621	25,4875
12	0,0046	0,00059	27,03	1,000	0,0621	25,4456

Zdroj: vlastní zpracování

Bezrizikové úrokové míry odpovídají roční EURIBOR a PRIBOR platné k prosinci 2015. Realizační cena X je vypočtena jako střední hodnota simulovaných měnových kurzu v daném měsíci.

V tabulce 4.9 jsou uvedeny ceny jednotlivých put opcí s různou dobou realizace. Podrobnější výpočet ceny opcí je uveden v Příloze 4.

Tab. 4.9 Cena put opcí

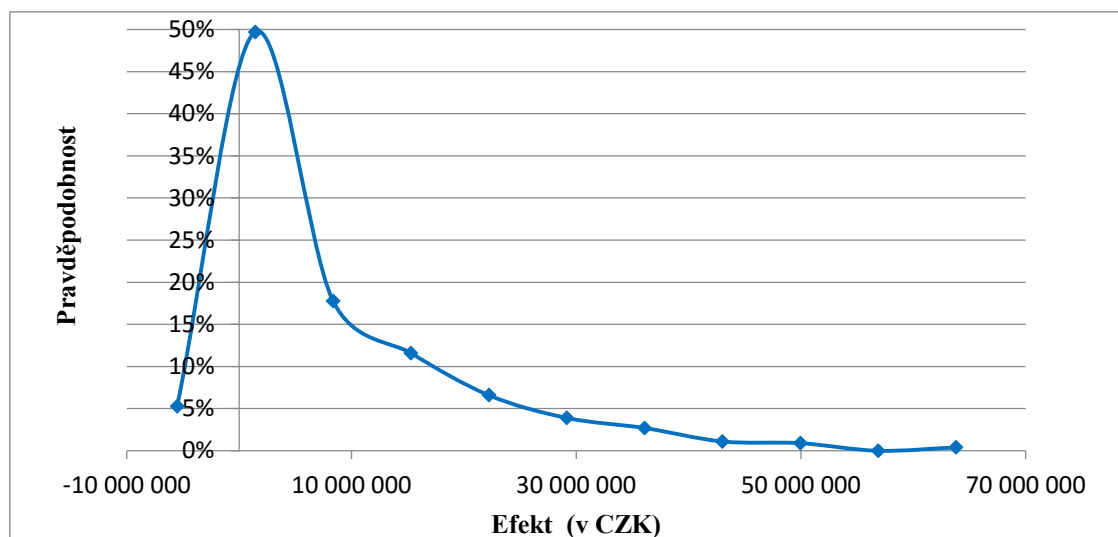
Opce	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Put opce	0,2829	0,4238	0,5437	0,6361	0,7233	0,0518	0,0644	0,0733	0,0889	0,1042	0,1175	0,1257

Zdroj: vlastní zpracování

V případě, že aktuální měnový kurz S_t je menší než realizační cena X , tak se opce využije a efekt je vypočten dle rovnice (4.3). Pokud je aktuální simulovaný měnový kurz S_t větší nebo rovno realizační ceně X , tak se opce nevyužije a efekt je vyjádřen dle vztahu (4.4). Výsledný efekt ze zajištění put opcemi v daném měsíci je vypočten dle vzorce (4.5).

Rozdělení pravděpodobnosti efektu z využití nákupu put opce pro 1 000 scénářů za rok 2016 je znázorněné v obrázku 4.15. V příloze 6 jsou uvedeny hodnoty efektů ze strategie long put opce.

Obr. 4.15 Rozdělení pravděpodobnosti efektu z long put opce



Zdroj: vlastní zpracování

Převážná většina efektu ze strategie nákupu put opce se pohybuje v kladných hodnotách. Ztráta z této strategie je dosažena pouze s 5,30 % pravděpodobností na úrovni – 5 530 924 CZK, což odpovídá rovněž maximální možné ztrátě z využití této strategie.

Maximální zisk, který podnik může obdržet je 63 794 674 CZK s pravděpodobností 0,40 %. Nejčtenější hodnota zisku je 1 401 636 CZK s pravděpodobností 49,70 %.

4.4 Vyhodnocení vybraných hedgingových strategií dle určitých kritérií

V této části práce jsou vybrané hedgingové strategie, tedy pasivní strategie, swapová strategie a long put opce, srovnány dle několika kritérií. Vyhodnocení strategií je provedeno, jak pro scénář předpokládající devizovou intervencí po celý rok 2016, tak pro scénář uvažující plovoucí kurz od června roku 2016. Vybrané strategie jsou vyhodnoceny podle kritéria střední hodnota, nejlepší hodnota, nejhorší hodnota, směrodatná odchylka, VaR₁ %, VaR₅ %, VaR₁₀ %. Následně jsou jednotlivé zajišťovací strategie posouzeny dle kombinací dvou různých kritérií, které mohou poskytnout průkaznější porovnání.

Střední hodnota, která je stanovena jako aritmetický průměr z výsledných ročních efektů vybraných zajišťovacích strategií. K výpočtu střední hodnoty je využita funkce „PRŮMĚR“ v MS Excel.

Maximální zisk je maximální hodnota z výsledných ročních efektů a je vypočtena pomocí funkce „MAX“ v MS Excel.

Maximální ztráta je minimální hodnota z výsledných ročních efektů a je vyjádřena pomocí funkce „MIN“ v MS Excel.

Směrodatná odchylka vyjadřuje, jak jsou hodnoty efektu u daných strategií odchýleny od střední hodnoty. Je vypočtena pomocí funkce „SMODCH“ v MS Excel. Čím je směrodatná odchylka vyšší, tím je vyšší rizikovost dané strategie.

VaR₁ % znamená, že s pravděpodobností 1 % bude ztráta vyšší nebo rovna hodnotě tohoto parametru. **VaR₅ %** vyjadřuje, že s pravděpodobností 5 % bude ztráta vyšší nebo rovna hodnotě tohoto parametru. **VaR₁₀ %** značí, že s pravděpodobností 10 % bude ztráta vyšší nebo rovna tomuto parametru. Hodnoty Value at Risk jsou vypočteny dle funkce „PERCENTIL“ v MS Excel.

4.4.1 Vyhodnocení strategií - simulace s intervencí

Tab. 4.10 obsahuje výsledné hodnoty daných kritérií a pořadí vybraných strategií dle dosažených výsledků kritérií pro scénář s devizovou intervencí po celý rok 2016. Pořadí strategií je označeno známkami 1 až 3, přičemž nejlepší výsledek odpovídá známce 1 a nejhorší výsledek známce 3.

Tab. 4.10 Výsledná kritéria a pořadí hedgingových strategií pro simulaci s devizovou intervencí

	Pasivní strategie (CZK)	Swap (CZK)	Long put opce (CZK)	Pořadí		
				Pasivní strategie	Swap	Put opce
Střední hodnota	13 944 626	- 12 596 270	- 12 236 709	1	3	2
Směr. Odchylka	13 848 504	13 848 504	4 427 689	2	2	1
Maximální zisk	90 166 350	1 828 997	- 4 221 225	1	2	3
Maximální ztráta	- 480 641	-88 817 994	- 18 646 492	1	3	2
VaR 1 %	- 3 118	-61 173 757	- 18 646 492	1	3	2
VaR 5 %	801 118	- 42 027 746	- 18 628 996	1	3	2
VaR 10 %	1 737 339	- 32 155 014	- 18 296 740	1	3	2

Zdroj: vlastní zpracování

Z výsledku je zřejmé, že nejlepší strategií je pasivní strategie. Střední hodnot je přes 13 mil. CZK a maximální ztráta je pouze přes 480 tisíc CZK.

Ačkoliv put opce strategie dosahuje lepších výsledků u většiny hodnocených kritérií než swapová strategie, při žádných z 1 000 simulovaných scénářů neměla ziskové hodnoty. Z hlediska rizika, které vyjadřuje směrodatná odchylka a hodnoty VaR je zajištění long put opcemi lepší než swapová strategie. Z pohledu střední hodnoty je zajištění long put opcemi horší než u koupě swapového kontraktu. Maximální zisk pro strategii s long put opcí se nachází v záporných hodnotách a činí přes - 4 miliónů korun. Maximální ztráta je mnohem nižší než u swapové strategie, protože je omezena výší ceny opce.

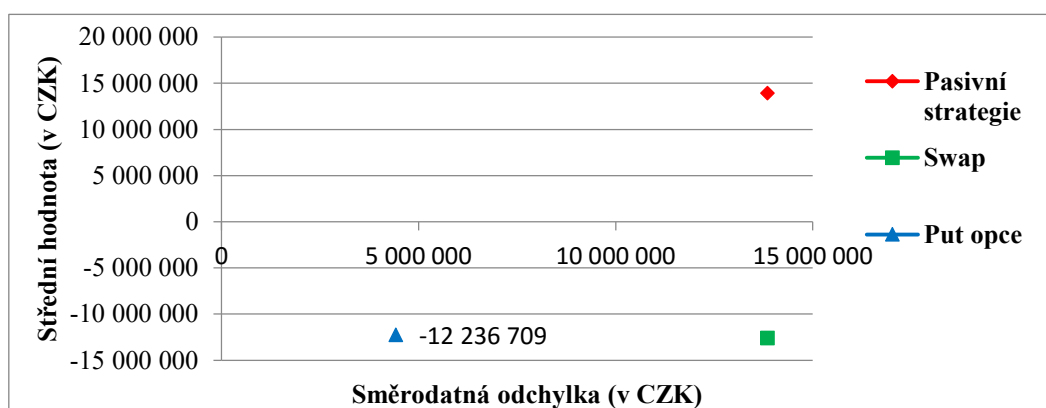
Výsledky efektů daných zajišťovacími strategií potvrdily, že pokud ČNB provádí devizové intervence k udržení měnového kurzu na hladině 27 CZK/EUR nemá smysl využívat zajišťovací instrumenty. Z výsledných hodnot vyplývá, že nejvýhodnější pro firmu je pasivní strategie, tedy bez využití zajištění. Pasivní strategie dosahuje nejlepších výsledků u všech kritérií kromě směrodatné odchylky, jež vyjadřuje riziko dané strategie. Hodnota směrodatné odchylky je shodná se směrodatnou odchylkou pro swapovou strategii. Pasivní strategie dosahuje nejvyššího možného zisku ze všech strategií s hodnotou přes 90 miliónů korun.

Hedgingové strategie je možné vyhodnotit nejen podle jednotlivých kritérií, ale i kombinací těchto kritérií. Pro porovnání strategií je kombinován vztah střední hodnoty a směrodatné odchylky, střední hodnoty a Value at Risk 5 %, střední hodnoty a maximální ztráty. V případě srovnání kombinací dvou kritérií je rozhodujícím faktorem postoj investora k riziku. Investor se sklonem k riziku preferuje vyšší očekávaný výnos. Investor s averzí

k riziku dává přednost menšímu riziku. Investor s neutrálním postojem nebere v úvahu riziko, pouze očekávaný výnos.

V obrázku 4.16 je obsaženo grafické srovnání kombinace dvou kritérií, kterými jsou střední hodnota a směrodatná odchylka.

Obr. 4.16 Srovnání hedgingových strategií dle kombinací střední hodnoty a směrodatné odchylky

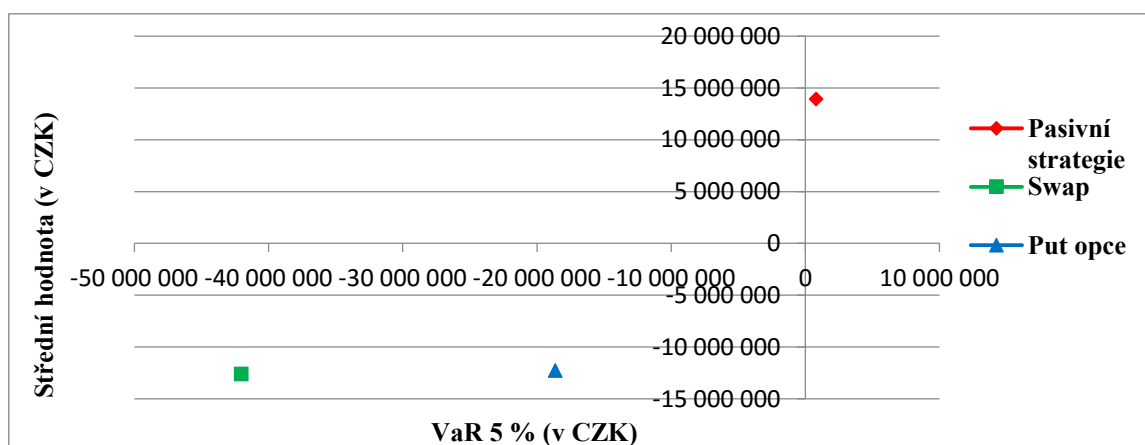


Zdroj: vlastní zpracování

V obrázku 4.16 lze vidět, že při srovnání pasivní a swapové strategie mají obě strategie stejné riziko, ale pasivní strategie vykazuje kladnou střední hodnotu, tedy očekávaný výnos. Nejnižší riziko bylo vypočteno u strategie nákupu put opce, ale střední hodnota dosahuje záporných hodnot. Nejlepší strategie z pohledu této kombinace kritérií je tedy pasivní strategie.

V dalším obrázku 4.17 je znázorněné srovnání zajišťovacích strategií na základě kombinace střední hodnoty a VaR₅ %.

Obr. 4.17 Srovnání hedgingových strategií dle střední hodnoty a VaR₅ %

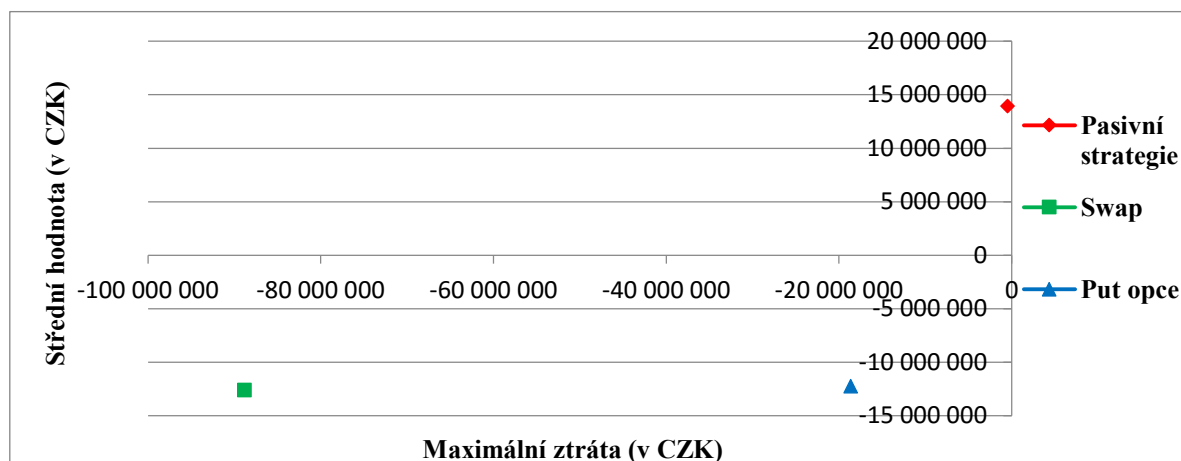


Zdroj: vlastní zpracování

Při srovnání strategií na základě střední hodnoty a $\text{VaR}_5\%$ je opět nejlepší strategií opět pasivní strategie.

Následující obrázek 4.18 zobrazuje porovnání strategií dle střední hodnoty a maximální ztráty.

Obr. 4.18 Srovnání hedgingových strategií dle střední hodnoty a maximální ztráty

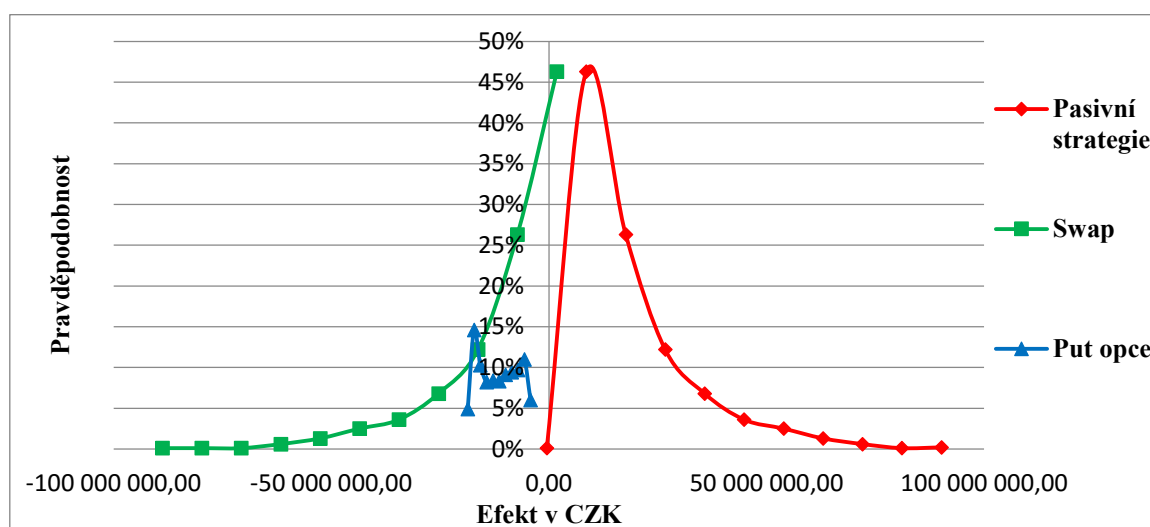


Zdroj: vlastní zpravování

Z obrázku 4.18 je zřejmé, že vzhledem ke kombinaci střední hodnoty a maximální ztráty je opět nejvýhodnější pasivní strategie. Pasivní strategie vykazuje kladnou střední hodnotu a nedosahuje ztráty pro žádný simulovaný kurz.

V následujícím grafu 4.19 je znázorněné srovnání rozdělení pravděpodobnosti efektů všech zkoumaných strategií.

Obr. 4.19 Srovnání hedgingových strategií



Zdroj: vlastní zpracování

Z grafu 4.19 je zřejmé, že tato strategie je téměř v každém simulovaném scénáři (pokusu) zisková. Efekty ze swapové strategie jsou převážně v záporných hodnotách, ale ztráta dosahuje mnohem vyšších hodnot než u opční strategie. Ztráta z opční strategie je omezená výši opční prémie, ale v žádném simulovaném scénáři (pokusu) nerealizuje zisk.

Jak grafické, tak číselné srovnání potvrdily, že v případě devizových intervencí není vhodné podnik zajišťovat s žádnou vybranou formou zajišťovacích instrumentů. Pro podnik Vítkovi Heavy Machinery je tedy doporučena jako nejlepší varianta pasivní strategie.

4.4.2 Vyhodnocení strategií - simulace s plovoucím kurzem od června roku 2016

Tabulka. 4. 11 obsahuje výsledné hodnoty kritérií a pořadí strategií dle dosažených výsledků z daných kritérií.

Tab. 4.11 Výsledné hodnoty kritérií a pořadí hedgingových strategií pro simulaci s plovoucím kurzem od června 2016

	Pasivní strategie (CZK)	Swap (CZK)	Long put opce (CZK)	Pořadí		
				Pasivní strategie	Swap	Put opce
Střední hodnota	- 19 648 732	20 997 087	4 657 097	3	1	2
Směr. Odchylka	21 677 804	21 677 804	11 476 636	2	2	1
Maximální zisk	64 933 973	89 963 665	63 794 674	2	1	3
Maximální ztráta	-88 615 309	- 63 585 617	- 5 530 924	3	2	1
VaR 1 %	- 68 187 215	- 35 214 011	- 5 530 924	3	2	1
VaR 5 %	- 53 230 746	- 17 207 327	- 5 530 924	3	2	1
VaR 10 %	- 45 374 073	- 7 599 337	- 5 181 172	3	2	1

Zdroj: vlastní zpracování

Nejhorších výsledků dosahuje pasivní strategie, tedy bez využití zajištění. Pouze u kritéria maximální zisk má lepší výsledek pasivní strategie než strategie long put opce. Střední hodnota dosahuje záporných hodnot. Nejvyšší možná ztráta z pasivní strategie je přes – 88 miliónů korun, ale směrodatná odchylka je stejná jako směrodatná odchylka pro swapovou strategii.

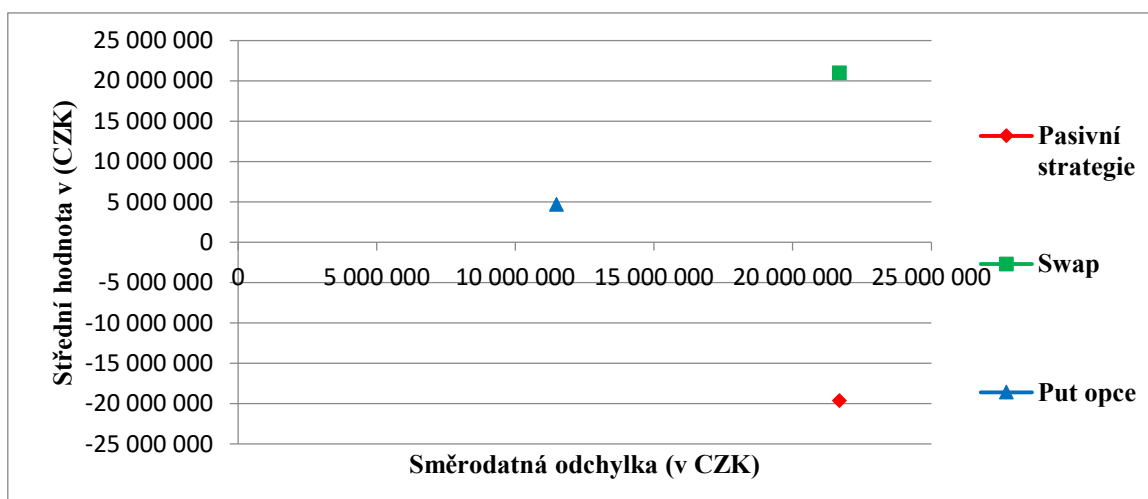
Nejvyšší zisk by podnik realizoval při zajištění swapovým kontraktem. Nejvyšší maximální zisk je 89 963 665 CZK. Rovněž tato strategie má nejvyšší střední hodnotu, tedy očekávaný výnos ze všech strategií. Avšak swapová strategie vykazuje stejnou hodnotu směrodatné odchylky jako pasivní strategie. Při srovnání swapové a pasivní strategie z pohledu VaR₁ %, VaR₅ %, VaR₁₀ % má swapová strategie lepší hodnoty než pasivní strategie.

Nejvýhodnější strategií z hlediska rizika je strategie long put opce, jejíž směrodatná odchylka a hodnoty VaR jsou nejnižší. Tato strategie ale nevyniká z pohledu kritéria střední hodnoty a maximální zisk. Očekávaný výnos je nižší než u swapové strategie a činí 4,6 mil. CZK. Kritérium maximální zisk má nejnižší hodnotu ze všech vybraných strategií.

Součástí vyhodnocení hedgingových strategií je rovněž srovnání těchto strategií na základě kombinace dvou kritérií. Jedná se o kombinace střední hodnota a směrodatná odchylka, střední hodnota a VaR₅ %, střední hodnota a maximální ztráta. V případě srovnání kombinací dvou kritérií se opět posuzuje postoj investora k riziku.

Následující obrázek zachycuje srovnání hedgingových strategií dle kombinace střední hodnota a směrodatná odchylka

Obr. 4.20 Srovnání hedgingových strategií dle střední hodnoty a směrodatné odchylky

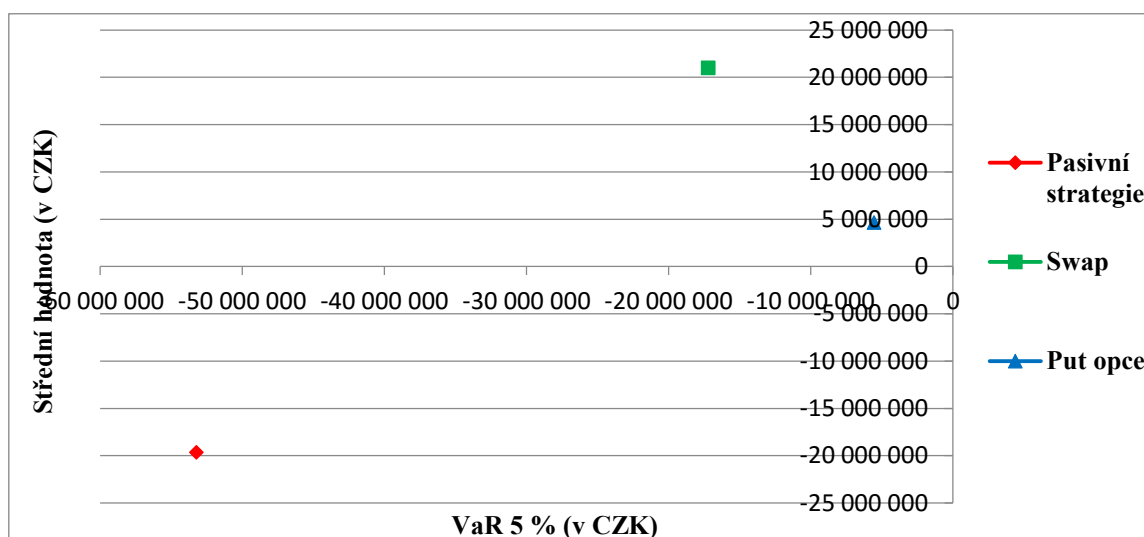


Zdroj: vlastní zpracování

Z obrázku 4.20 je zřejmé, že rizikovost u pasivní strategie je stejná jako u swapové strategie. Avšak swapová strategie vykazuje kladný výnos, tudíž by byla preferovanější než pasivní strategie. Swapové strategie a strategie put opce je potřeba porovnat z hlediska postoje investora k riziku. Investor se sklonem k riziku by dal přednost swapové strategii, rizikově averzní investor by naopak zvolil strategii long put opce.

V obrázku 4.21 je znázorněno srovnání hedgingových strategií podle střední hodnoty a VaR₅ %.

Obr. 4.21 Srovnání hedgingových strategií dle střední hodnoty a VaR₅ %

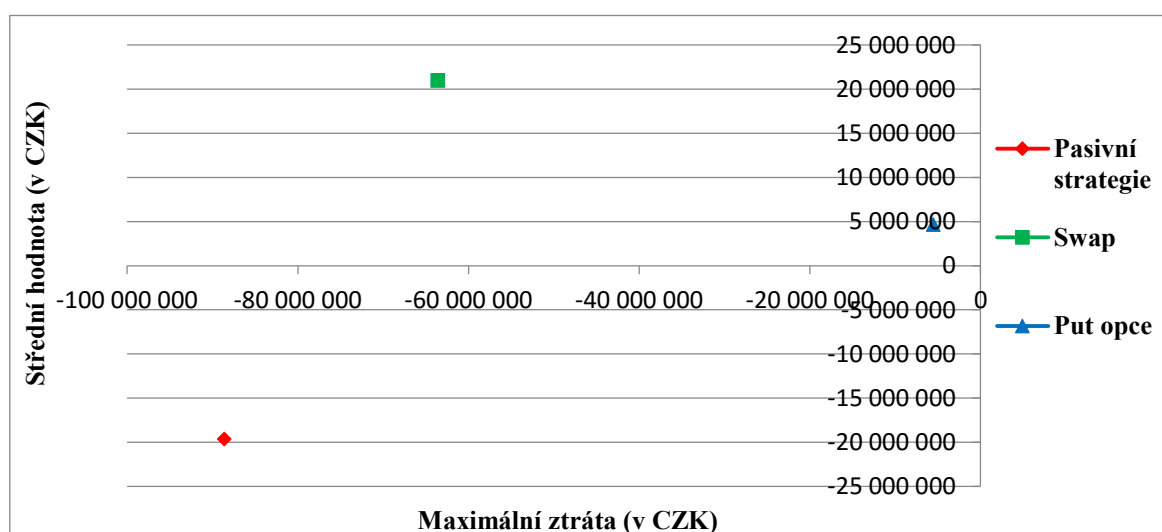


Zdroj: vlastní zpracování

Pokud jsou porovnány strategie na základě kombinace střední hodnoty a VaR₅ %, je nejhorší pasivní strategie. Střední hodnota u pasivní strategie je záporná a VaR je nejvyšší z vybraných strategií. V případě, že srovnáme swapovou strategii a put opci, je rozhodující postoj investora k riziku. Investor se sklonem k riziku by si vybral swapovou strategii, protože má tato strategie nejvyšší střední hodnotu. Rizikově averzní investor by preferoval strategii long put opce s nižším rizikem, ale s nižším výnosem.

V následujícím obrázku 4.22 je znázorněné srovnání hedgingových strategií podle střední hodnoty a maximální ztráty.

Obr. 4.22 Srovnání hedgingových strategií dle střední hodnoty a maximální ztráty

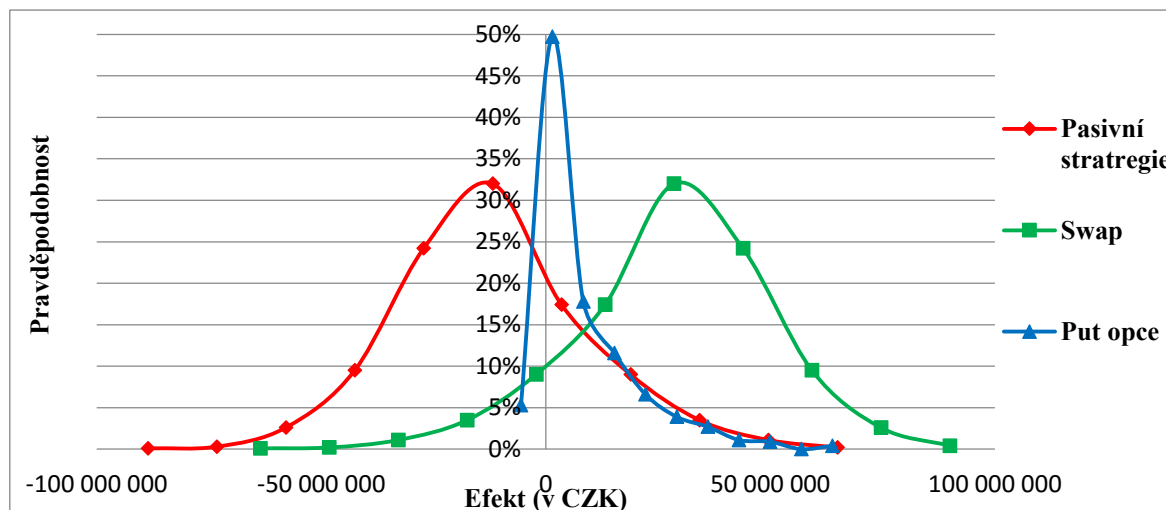


Zdroj: vlastní zpracování

V případě kombinace střední hodnoty a maximální ztráty má opět nejhorší výsledek pasivní strategie. Investor se sklonem k riziku by preferoval swapovou strategii, protože dosahuje vyššího středního výnosu než strategie long put opce. Investor s averzí k riziku by dal přednost strategii long put opce, nýbrž vykazuje nižší maximální ztrátu.

V obrázku 4.23 je znázorněno srovnání rozdělení pravděpodobnosti efektů daných strategií.

Obr. 4.23 Srovnání hedgingových strategií



Zdroj: vlastní zpracování

Z obrázku 4.23 je patrné, že většina hodnot u pasivní strategie se pohybuje v záporných číslech. Naopak u swapové strategie a strategie s put opcí se převážná většina hodnot nachází v kladných číslech. Při srovnání swapové strategie a put strategie, tak je u put opce méně ztrátových efektů, protože je ztráta omezena výši opční prémie. V případě srovnání pasivní strategie a long put strategie mají křivky rozdělení kladných efektů od poloviny téměř stejný průběh. Swapová strategie je rizikovější, ale současně výnosnější než strategie nákupu put opce.

Při posouzení vybraných kritérií by pro rizikově averzního investora byla doporučena strategie long put opce. Pro investora se sklonem k riziku by byla doporučena swapová strategie. Při zajišťování měnového rizika v podniku jde především o snížení rizika ztráty ze změny měnového kurzu, tudíž lze podnik Vítkovice Heavy Machinery považovat za rizikově averzního investora. Pro podnik by tedy nejvhodnější strategie long put opce.

5 Závěr

Cílem diplomové práce bylo zajistit měnové riziko v podniku Vítkovice Heavy Machinery a.s. pomocí vybraných strategií na období jednoho roku.

Práce byla rozdělena na tři části. V první části bylo vysvětleno měnové riziko a další finanční rizika, kterými může být podnik vystaven. Následně byly popsány metody sloužící ke snížení měnového rizika se zaměřením na zajištění pomocí finančních derivátů. Tato část se také zabývá metodami predikce volatility a simulací vývoje měnového kurzu.

Druhá část byla zaměřena na charakteristiku finanční situace podniku Vítkovice Heavy Machinery, a.s.

Jádrem třetí části bylo srovnání vybraných zajišťovacích strategií. Při komparaci byla využita pasivní strategie, swapová strategie a strategie s long put opcí. Nejdříve byla predikovaná volatilita měnového kurzu CZK/EUR z historické časové řady od 1.1.2007 do 31.12.2015 pomocí metody EWMA. Bylo zjištěno, že rozptyl není konstantní, ale je závislý na čase.

Následně byl simulován měsíční vývoj měnového kurzu CZK/EUR pro 1 000 náhodných pokusů na rok 2016 pomocí metody Monte Carlo. Simulace měnového kurzu byla provedena pro dva možné scénáře. První scénář uvažuje devizovou intervencí po celý rok 2016, tudíž měnový kurz nesmí poklesnout pod úroveň 27 CZK/EUR v žádném náhodném pokusu. Druhý scénář předpokládá přechod ČNB k plovoucímu kurzu v červnu 2016, kdy dojde ke skokovému posílení měnového kurzu. V každém modelovém scénáři bylo porovnáno rozdělení pravděpodobnosti náhodného vývoje kurzu CZK/EUR s konstantní volatilitou a kurzu CZK/EUR s dynamickou volatilitou. Vybrané strategie byly aplikovány na simulaci měnového kurzu s dynamickou volatilitou, protože zobrazuje reálnější vývoj měnového kurzu.

Výsledkem strategií bylo rozdělení pravděpodobnosti efektu, tedy zisku nebo ztráty vyjádřených v korunách pro 1 000 náhodných scénářů. Vybrané strategie byly následně hodnoceny podle kritéria střední hodnota, směrodatná odchylka, nejlepší a nejhorší výsledek, $\text{VaR}_1\%$, $\text{VaR}_5\%$ a $\text{VaR}_{10}\%$ a kombinací těchto kritérií.

Jak grafické srovnání, tak hodnoty vybraných kritérií a jejich kombinace potvrdily, že není vhodné využívat zajištění ve scénáři s devizovou intervencí po celý rok 2016. Podniku Vítkovice Heavy Machinery je tedy doporučena pasivní strategie. Jako jediná strategie dosahovala kladného očekávaného výnosu, který činil přes 13,9 mil. CZK. Na druhém místě

byla swapová strategie, která vykazovala stejné riziko jako pasivní strategie, ale očekávaný výnos byl záporný.

V rámci druhého scénáře s návratem k plovoucímu kurzu v červnu 2016 by pro rizikově averzního investora byla jednoznačně doporučena strategie long put opce. Pro investora se sklonem k riziku by byla nejvhodnější swapová strategie s vyšším výnosem. Podnik Vítkovice Heavy Machinery lze považovat za rizikově averzního investora, tudíž je podniku doporučena strategie long put opce s nízkým rizikem, ale s výrazně menším výnosem, který činil přes 4,6 mil. CZK.

Seznam použité literatury

- [1] ALEXANDER, Carol. *Market Risk Analysis – Volume III: Pricing, hedging and trading of financial instruments*. 1st ed. England: John Wiley & Sons, 2008. 416 s. ISBN 978-0-470-99789-5.
- [2] ČERNOHLÁVKOVÁ, Eva, Alexej SATO a Josef TAUŠER. *Finanční strategie v mezinárodním podnikání*. Praha: ASPI, 2007. 320 s. ISBN 978-80-7357-321-8
- [3] DLUHOŠOVÁ, Dana a kol. *Finanční řízení a rozhodování podniku*. 3. vyd. Praha: Ekopress, 2010. 225 s. ISBN 978-80-86929-68-2
- [4] FRAIT, Jan. *Mezinárodní peněžní teorie*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 1996. 196 s. ISBN 80-7078-395-8.
- [5] HULL, J. *Options, futures and other derivatives*. 6th ed. Pearson: Prentice Hall, 2006. 789 s. ISBN 0-13-149908-4
- [6] JÍLEK, Josef. *Finanční rizika*. Praha: Grada Publishing, 2000. 635 s. ISBN 80-7169-579-3.
- [7] JÍLEK, Josef. *Finanční a komoditní deriváty*. Praha: Grada Publishing, 2002. 624 s. ISBN 80-247-0342-4.
- [8] ZMEŠKAL, Zdeněk, ČULÍK, Miroslav, TICHÝ, Tomáš. *Finanční rozhodování za rizika: sbírka řešených příkladů*. 4. upr. vyd. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2013. 182 s. ISBN 978-80-248-3249-4
- [9] ZMEŠKAL, Zdeněk, Dana DLUHOŠOVÁ a Tomáš TICHÝ. *Finanční modely: koncepty, metody, aplikace*. 3., přeprac. a rozš. vyd. Praha: Ekopress, 2013. 267 s. ISBN 978-80-86929-91-0

Internetové zdroje

- [1] ČESKÁ NÁRODNÍ BANKA. *Sazby PRIBOR - měsíční a roční průměry - Česká národní banka* [vid. 1.3. 2016]. Dostupný z https://www.cnb.cz/cs/financni_trhy/penezni_trh/pribor/prumerne.jsp?year=2012&show=Spustit+sestavu
- [2] GLOBAL-RATES *Euribor interest rates 2015* [vid. 1.3. 2016]. Dostupný <http://www.global-rates.com/interest-rates/euribor/2015.aspx>

- [3] ČESKÁ NÁRODNÍ BANKA. *ČNB po 11 letech zahájila intervence. Koruna okamžitě spadla na čtyřleté minimum* | [vid. 1.3. 2016]. Dostupný z <http://byznys.ihned.cz/c1-61176370-cnb-po-11-letech-zahajila-intervence-koruna-okamzite-spadla-na-ctyrlete-minimum>
- [4] ČESKÁ NÁRODNÍ BANKA. *Důvody a přínosy oslabení koruny - nejčastější otázky a odpovědi - Česká národní banka* [vid. 1.3. 2016]. Dostupný z https://www.cnb.cz/cs/faq/duvody_a_prinosy_oslabeni_koruny.html
- [5] OPCE-TRADING. *Složitější strategie obchodování s opcemi: Straddle* [online] [vid. 1.06.2016]. Dostupný z <http://opce-trading.cz/slozitejsi-strategie-obchodovani-s-opcemi-straddle/>
- [6] OPCE-TRADING. *Složitější strategie obchodování s opcemi: Strangle* [online] [vid. 1.06.2016]. Dostupný z <http://opce-trading.cz/slozitejsi-strategie-obchodovani-s-opcemi-strangle/>

Seznam zkratek

CAD	kanadský dolar
CNY	čínský juan
CZK	česká koruna
ČNB	Česká národní banka
EU	Evropská unie
EUR	Euro
EWMA	Exponential Weighted Moving Average-exponenciální vážený klouzavý průměr
GARCH	Generalised Autoregressive Conditional Heteroskedastic
GBP	britská libra
Kč	česká koruna
Mil.	milion
OTC	over the counter
Tis.	tisíc
USD	americký dolar
Vítkovice Heavy Machinery a.s	Vítkovice Heavy Machinery

Prohlášení o využití výsledků diplomové práce

Prohlašuji, že

- jsem byla seznámena s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo;
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3);
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě archivována v Ústřední knihovně VŠB-TUO a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že bibliografické údaje o diplomové práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO;
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- bylo sjednáno, že užít své dílo, diplomovou práci, nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Ostravě dne 15. července 2016

.....*Hoangová*.....

Bc. Monika Hoangová

Seznam příloh

Příloha 1	Predikce volatility měnového kurzu CZK/EUR na bázi EWMA modelu
Příloha 2	Rozdělení pravděpodobnosti simulovaného kurzu s konstantním σ a s dynamickým rozptylem-simulace intervence
Příloha 3	Rozdělení pravděpodobnosti simulovaného kurzu s konstantním σ a s dynamickým rozptylem-simulace s plovoucím kurzem od června roku 2016
Příloha 4	Ocenění put opce pomocí Black-scholesova modelu
Příloha 5	Rozdělení pravděpodobnosti efektů zajišťovacích strategií - simulace intervence
Příloha 6	Rozdělení pravděpodobnosti efektů zajišťovacích strategií – simulace s plovoucím kurzem od června roku 2016

Příloha 1 Predikce volatility měnového kurzu CZK/EUR na bázi EWMA modelu

CZK/EUR	R_t spojity vynos	R_t -očistěné spoj.výnosy	R_t^2	$\sigma_{t,t-1}^2$	$\sigma_{t,t-1}$	ε_t -chyba (z)
28,16	-	-	-	-	-	-
28,3	0,00495927	0,00534203	0,00002854	0,00002854	-	-
28	-0,01065729	-0,01027454	0,00010557	0,00002854	0,00534203	0,00007703
28,13	0,00463211	0,00501487	0,00002515	0,00003586	0,00598807	-0,00001071
28,33	0,00708469	0,00746745	0,00005576	0,00003484	0,00590249	0,00002092
28,72	0,01367243	0,01405519	0,00019755	0,00003683	0,00606858	0,00016072
28,04	-0,02396168	-0,02357892	0,00055597	0,00005210	0,00721804	0,00050387
27,73	-0,01111720	-0,01073444	0,00011523	0,00009998	0,00999900	0,00001525
27,61	-0,00433683	-0,00395408	0,00001563	0,00010143	0,01007119	-0,00008579
26,97	-0,02345289	-0,02307013	0,00053223	0,00009328	0,00965797	0,00043895
26,26	-0,02667827	-0,02629551	0,00069145	0,00013499	0,01161843	0,00055647
26,62	0,01361594	0,01399870	0,00019596	0,00018787	0,01370642	0,00000810
26,07	-0,02087759	-0,02049483	0,00042004	0,00018864	0,01373446	0,00023140
25,22	-0,03314790	-0,03276514	0,00107355	0,00021062	0,01451291	0,00086293
25,34	0,00474684	0,00512960	0,00002631	0,00029262	0,01710627	-0,00026631
25,21	-0,00514343	-0,00476068	0,00002266	0,00026732	0,01634987	-0,00024465
25,09	-0,00477138	-0,00438862	0,00001926	0,00024407	0,01562274	-0,00022481
23,9	-0,04859090	-0,04820814	0,00232403	0,00022271	0,01492338	0,00210132
23,95	0,00208986	0,00247262	0,00000611	0,00042238	0,02055200	-0,00041627
24,74	0,03245304	0,03283580	0,00107819	0,00038283	0,01956601	0,00069536
24,67	-0,00283344	-0,00245068	0,00000601	0,00044891	0,02118739	-0,00044290
24,23	-0,01799640	-0,01761364	0,00031024	0,00040682	0,02016975	-0,00009658
25,21	0,03964921	0,04003196	0,00160256	0,00039764	0,01994095	0,00120492
26,93	0,06600017	0,06638292	0,00440669	0,00051214	0,02263048	0,00389455
27,87	0,03430993	0,03469269	0,00120358	0,00088222	0,02970216	0,00032136
28,13	0,00928578	0,00966854	0,00009348	0,00091276	0,03021185	-0,00081928
27,38	-0,02702380	-0,02664104	0,00070975	0,00083490	0,02889471	-0,00012516
26,71	-0,02477479	-0,02439203	0,00059497	0,00082301	0,02868817	-0,00022804
26,83	0,00448264	0,00486540	0,00002367	0,00080134	0,02830798	-0,00077767
25,89	-0,03566387	-0,03528111	0,00124476	0,00072744	0,02697116	0,00051731
25,58	-0,01204600	-0,01166324	0,00013603	0,00077660	0,02786757	-0,00064057
25,38	-0,00784933	-0,00746658	0,00005575	0,00071573	0,02675315	-0,00065998
25,17	-0,00830865	-0,00792589	0,00006282	0,00065302	0,02555419	-0,00059020
26,47	0,05035921	0,05074197	0,00257475	0,00059693	0,02443221	0,00197781
26,13	-0,01292794	-0,01254518	0,00015738	0,00078487	0,02801562	-0,00062749
26,47	0,01292794	0,01331070	0,00017717	0,00072525	0,02693041	-0,00054807
26,23	-0,00910822	-0,00872546	0,00007613	0,00067317	0,02594546	-0,00059703
25,97	-0,00996177	-0,00957901	0,00009176	0,00061643	0,02482808	-0,00052468

25,45	-0,02022628	-0,01984352	0,00039377	0,00056658	0,02380286	-0,00017281
25,58	0,00509505	0,00547781	0,00003001	0,00055016	0,02345538	-0,00052015
25,51	-0,00274026	-0,00235751	0,00000556	0,00050073	0,02237695	-0,00049517
25,7	0,00742046	0,00780322	0,00006089	0,00045367	0,02129964	-0,00039278
24,79	-0,03605065	-0,03566789	0,00127220	0,00041635	0,02040466	0,00085585
24,85	0,00241741	0,00280017	0,00000784	0,00049768	0,02230868	-0,00048984
24,61	-0,00970489	-0,00932213	0,00008690	0,00045113	0,02123983	-0,00036423
24,61	0,00000000	0,00038276	0,00000015	0,00041652	0,02040881	-0,00041637
24,92	0,01251783	0,01290059	0,00016643	0,00037695	0,01941530	-0,00021053
25,06	0,00560226	0,00598501	0,00003582	0,00035695	0,01889308	-0,00032113
24,23	-0,03368141	-0,03329866	0,00110880	0,00032643	0,01806746	0,00078237
24,35	0,00494031	0,00532307	0,00002834	0,00040078	0,02001943	-0,00037244
24,54	0,00777259	0,00815535	0,00006651	0,00036539	0,01911508	-0,00029888
24,21	-0,01353867	-0,01315591	0,00017308	0,00033699	0,01835717	-0,00016391
24,54	0,01353867	0,01392143	0,00019381	0,00032141	0,01792792	-0,00012760
24,35	-0,00777259	-0,00738983	0,00005461	0,00030928	0,01758649	-0,00025468
24,19	-0,00659252	-0,00620977	0,00003856	0,00028508	0,01688444	-0,00024652
24,11	-0,00331263	-0,00292987	0,00000858	0,00026166	0,01617586	-0,00025307
24,76	0,02660276	0,02698551	0,00072822	0,00023761	0,01541460	0,00049061
24,8	0,00161421	0,00199696	0,00000399	0,00028423	0,01685912	-0,00028024
25,32	0,02075094	0,02113370	0,00044663	0,00025760	0,01604992	0,00018903
25,8	0,01877989	0,01916265	0,00036721	0,00027556	0,01660009	0,00009164
25,19	-0,02392740	-0,02354464	0,00055435	0,00028427	0,01686035	0,00027008
24,84	-0,01399183	-0,01360907	0,00018521	0,00030994	0,01760499	-0,00012473
24,73	-0,00443818	-0,00405542	0,00001645	0,00029808	0,01726509	-0,00028164
24,87	0,00564518	0,00602793	0,00003634	0,00027132	0,01647182	-0,00023498
25,7	0,03282873	0,03321149	0,00110300	0,00024899	0,01577946	0,00085401
25,64	-0,00233736	-0,00195460	0,00000382	0,00033014	0,01816986	-0,00032632
25,26	-0,01493152	-0,01454876	0,00021167	0,00029913	0,01729552	-0,00008747
24,84	-0,01676686	-0,01638410	0,00026844	0,00029082	0,01705354	-0,00002238
24,87	0,00120700	0,00158976	0,00000253	0,00028870	0,01699106	-0,00028617
25,07	0,00800965	0,00839241	0,00007043	0,00026150	0,01617105	-0,00019107
25,26	0,00755020	0,00793296	0,00006293	0,00024335	0,01559957	-0,00018041
25,14	-0,00476191	-0,00437916	0,00001918	0,00022620	0,01504003	-0,00020703
25,62	0,01891309	0,01929585	0,00037233	0,00020653	0,01437115	0,00016580
25,64	0,00078034	0,00116309	0,00000135	0,00022229	0,01490923	-0,00022093
25,74	0,00389257	0,00427533	0,00001828	0,00020129	0,01418771	-0,00018301
25,8	0,00232829	0,00271105	0,00000735	0,00018390	0,01356099	-0,00017655
25,71	-0,00349447	-0,00311171	0,00000968	0,00016712	0,01292763	-0,00015744
25,95	0,00929159	0,00967435	0,00009359	0,00015216	0,01233543	-0,00005857
25,86	-0,00347424	-0,00309148	0,00000956	0,00014660	0,01210773	-0,00013704
25,74	-0,00465117	-0,00426841	0,00001822	0,00013358	0,01155747	-0,00011536
25,74	0,00000000	0,00038276	0,00000015	0,00012261	0,01107309	-0,00012247

25,72	-0,00077730	-0,00039454	0,00000016	0,00011098	0,01053451	-0,00011082
27,39	0,06290908	0,06329184	0,00400586	0,00010045	0,01002224	0,00390541
27,43	0,00145932	0,00184208	0,00000339	0,00047156	0,02171536	-0,00046816
27,5	0,00254870	0,00293146	0,00000859	0,00042707	0,02066566	-0,00041848
27,34	-0,00583517	-0,00545241	0,00002973	0,00038730	0,01968004	-0,00035758
27,44	0,00365097	0,00403373	0,00001627	0,00035333	0,01879695	-0,00033705
27,46	0,00072860	0,00111136	0,00000124	0,00032130	0,01792475	-0,00032006
27,47	0,00036410	0,00074686	0,00000056	0,00029088	0,01705529	-0,00029033
27,45	-0,00072833	-0,00034557	0,00000012	0,00026329	0,01622636	-0,00026318
27,57	0,00436206	0,00474482	0,00002251	0,00023829	0,01543653	-0,00021577
27,73	0,00578663	0,00616939	0,00003806	0,00021778	0,01475746	-0,00017972
27,5	-0,00832885	-0,00794610	0,00006314	0,00020070	0,01416703	-0,00013756
27,77	0,00977030	0,01015306	0,00010308	0,00018763	0,01369791	-0,00008455
27,66	-0,00396898	-0,00358622	0,00001286	0,00017960	0,01340144	-0,00016674
27,73	0,00252753	0,00291029	0,00000847	0,00016375	0,01279665	-0,00015528
27,8	0,00252116	0,00290392	0,00000843	0,00014900	0,01220649	-0,00014057
27,43	-0,01339872	-0,01301596	0,00016942	0,00013564	0,01164651	0,00003377
27,53	0,00363901	0,00402177	0,00001617	0,00013885	0,01178349	-0,00012268
27,43	-0,00363901	-0,00325626	0,00001060	0,00012719	0,01127800	-0,00011659
27,41	-0,00072939	-0,00034664	0,00000012	0,00011611	0,01077564	-0,00011599
27,25	-0,00585439	-0,00547163	0,00002994	0,00010509	0,01025144	-0,00007515
27,03	-0,00810616	-0,00772340	0,00005965	0,00009795	0,00989700	-0,00003830
27,03	0,00000000	0,00038276	0,00000015	0,00009431	0,00971139	-0,00009416
27,18	0,00553405	0,00591681	0,00003501	0,00008536	0,00923922	-0,00005035
27,09	-0,00331675	-0,00293399	0,00000861	0,00008058	0,00897654	-0,00007197
27,03	-0,00221730	-0,00183454	0,00000337	0,00007374	0,00858716	-0,00007037
27,03	0,00000000	0,00038276	0,00000015	0,00006705	0,00818853	-0,00006691

Příloha 2 Rozdělení pravděpodobnosti simulovaného kurzu s konstantním a s dynamickým rozptylem-simulace intervence

Pro dynamický rozptyl

Kurz CZK/EUR	Četnost	Pravděpodobnost
27	179	17,9 %
27,63	348	34,8 %
28,27	228	22,8 %
28,90	99	9,9 %
29,53	75	7,5 %
30,17	35	3,5 %
30,80	15	1,5 %
31,43	15	1,5 %
32,07	4	0,4 %
32,70	1	0,1 %
33,34	1	0,1 %

Pro konstantní rozptyl

Kurz CZK/EUR	Četnost	Pravděpodobnost
27,00	184	18,4%
27,60	252	25,2%
28,19	217	21,7%
28,79	139	13,9%
29,38	86	8,6%
29,98	59	5,9%
30,58	30	3,0%
31,17	17	1,7%
31,77	11	1,1%
32,36	4	0,4%
32,96	1	0,1%

**Příloha 3 Rozdělení pravděpodobnosti s konstantním a dynamickým rozptylem-
simulace s plovoucím kurzem od června roku 2016**

Pro konstantní rozptyl

Kurz CZK/EUR	Četnost	Pravděpodobnost
21,369	1	0%
22,30939	8	1%
23,24979	28	3%
24,19019	130	13%
25,13058	240	24%
26,07098	274	27%
27,01137	169	17%
27,95177	93	9%
28,89217	36	4%
29,83256	20	2%
30,77296	1	0%

Pro dynamický rozptyl

CZK/EUR	ČETNOST	PRAVDĚPODOBNOST
18,38	1	0,1%
19,87	4	0,0%
21,36	15	0,2%
22,85	64	1,0%
24,34	191	8,0%
25,82	322	29,7%
27,31	246	36,5%
28,80	110	18,0%
30,29	35	5,5%
31,77	8	0,7%
33,26	3	0,2%

Příloha 4 Ocenění put opce pomocí Black-scholesova modelu

Pro scénář - simulace interevence

$\sigma_{\text{odm}(dt)$	$rd-rz$	$d1$	$d2$	$N(-d1)$	$S^*N(-d1)$	$N(-d2)$	$\text{EXP}(-rd*dt)$	$\text{EXP}(-rf*dt)$	$\text{EXP}(-r^*dt)*X*N(-d2)$	$S0*\text{EXP}(-rf*dt)*N(-d1)$
0,018	0,004	-0,316	-0,334	0,624	16,870	0,631	1,000	1,000	17,152	16,869
0,025	0,004	-0,365	-0,391	0,643	17,368	0,652	0,999	1,000	17,790	17,366
0,031	0,004	-0,405	-0,436	0,657	17,769	0,669	0,999	1,000	18,310	17,767
0,036	0,004	-0,415	-0,450	0,661	17,861	0,674	0,998	1,000	18,493	17,857
0,040	0,004	-0,428	-0,468	0,666	17,991	0,680	0,998	1,000	18,710	17,987
0,044	0,004	-0,444	-0,488	0,672	18,152	0,687	0,998	1,000	18,955	18,147
0,047	0,004	-0,433	-0,481	0,668	18,045	0,685	0,997	1,000	18,904	18,039
0,051	0,004	-0,417	-0,468	0,662	17,886	0,680	0,997	1,000	18,791	17,879
0,054	0,004	-0,421	-0,474	0,663	17,920	0,682	0,997	1,000	18,885	17,912
0,057	0,004	-0,420	-0,476	0,663	17,910	0,683	0,996	1,000	18,928	17,901
0,059	0,004	-0,412	-0,471	0,660	17,833	0,681	0,996	0,999	18,893	17,823
0,062	0,004	-0,399	-0,461	0,655	17,702	0,677	0,995	0,999	18,796	17,692

Pro scénář-simulace s plovoucím režimem od 6. měsíce

$\sigma_{\text{odm}(dt)$	$rd-rz$	$d1$	$d2$	$N(-d1)$	$S^*N(-d1)$	$N(-d2)$	$\text{EXP}(-rd*dt)$	$\text{EXP}(-rf*dt)$	$\text{EXP}(-r^*dt)*X*N(-d2)$	$S0*\text{EXP}(-rf*dt)*N(-d1)$
0,018	0,004	-0,316	-0,334	0,624	16,870	0,631	1,000	1,000	17,152	16,869
0,025	0,004	-0,365	-0,391	0,643	17,368	0,652	0,999	1,000	17,790	17,366
0,031	0,004	-0,405	-0,436	0,657	17,769	0,669	0,999	1,000	18,310	17,767
0,036	0,004	-0,415	-0,450	0,661	17,861	0,674	0,998	1,000	18,493	17,857
0,040	0,004	-0,428	-0,468	0,666	17,991	0,680	0,998	1,000	18,710	17,987
0,044	0,004	1,328	1,284	0,092	2,490	0,100	0,998	1,000	2,541	2,489
0,047	0,004	1,263	1,215	0,103	2,794	0,112	0,997	1,000	2,857	2,793
0,051	0,004	1,233	1,182	0,109	2,940	0,119	0,997	1,000	3,012	2,939
0,054	0,004	1,169	1,115	0,121	3,278	0,132	0,997	1,000	3,366	3,277
0,057	0,004	1,117	1,060	0,132	3,569	0,145	0,996	1,000	3,672	3,568
0,059	0,004	1,081	1,021	0,140	3,782	0,154	0,996	0,999	3,898	3,780
0,062	0,004	1,069	1,007	0,143	3,852	0,157	0,995	0,999	3,976	3,850

Příloha 5 Rozdělení pravděpodobnosti efektů zajišťovacích strategií – simulace intervence

Pasivní strategie

Efekt	Četnost	Pravděpodobnost
-480641	1	0,10%
8584058	463	46,30%
17648758	263	26,30%
26713457	122	12,20%
35778156	68	6,80%
44842855	36	3,60%
53907554	25	2,50%
62972253	13	1,30%
72036952	6	0,60%
81101651	1	0,10%
90166350	2	0,20%

Swapová strategie

Efekt	Četnost	Pravděpodobnost
-88817994	1	0,10%
-79753295	1	0,10%
-70688596	1	0,10%
-61623897	6	0,60%
-52559198	13	1,30%
-43494499	25	2,50%
-34429800	36	3,60%
-25365101	68	6,80%
-16300402	122	12,20%
-7235702	263	26,30%
1828996,6	463	46,30%

Strategie long put opce

Efekt	četnost	Pravděpodobnost
-18646492	49	4,90%
-17203965	146	14,60%
-15761438	103	10,30%
-14318912	82	8,20%
-12876385	84	8,40%
-11433858	83	8,30%
-9991332	91	9,10%
-8548805	94	9,40%
-7106278	97	9,70%
-5663751	110	11,00%
-4221225	60	6,00%

Příloha 5 Rozdělení pravděpodobnosti efektů zajišťovacích strategií – simulace režim plovoucí od 6. měsíce

Pasivní strategie

Efekt	Četnost	Pravděpodobnost
-88615308,6	1	0,10%
-73260380,4	3	0,30%
-57905452,2	26	2,60%
-42550524,1	95	9,50%
-27195595,9	242	24,20%
-11840667,7	320	32,00%
3514260,496	174	17,40%
18869188,68	90	9,00%
34224116,86	35	3,50%
49579045,04	11	1,10%
64933973,23	2	0,20%

Swapová strategie

Efekt	Četnost	Pravděpodobnost
-63585617	1	0,10%
-48230689	2	0,20%
-32875761	11	1,10%
-17520833	35	3,50%
-2165905	90	9,00%
13189024	174	17,40%
28543952	320	32,00%
43898880	242	24,20%
59253808	95	9,50%
74608736	26	2,60%
89963665	4	0,40%

Strategie long put opce

Efekt	Četnost	Pravděpodobnost
-5530924	53	5,30%
1401636	497	49,70%
8334196	178	17,80%
15266756	116	11,60%
22199316	66	6,60%
29131875	39	3,90%
36064435	27	2,70%
42996995	11	1,10%
49929555	9	0,90%
56862115	0	0,00%
63794674	4	0,40%